

KINERJA GEOTEKSTIL SEBAGAI MATERIAL PERKUATAN TANAH PADA STRUKTUR TIMBUNAN JALAN

Jun Fajar Krisman Giawa¹, Bima Wijaya Laia², Anggerius Loi³, Dermawan Zebua⁴

¹ Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

² Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

³ Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

⁴ Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

¹ Email jfgiawa15@gmail.com; ² Email bimawijaya@gmail.com; ³ Email anggeloy76@gmail.com,

⁴ Email dermawanzebua@unias.ac.id

Abstract

The improvement of road infrastructure quality highly depends on the stability of embankment structures, especially in areas with weak subgrade soils. One widely adopted engineering solution is the application of geotextiles as soil reinforcement material. This study aims to evaluate the performance of geotextiles in enhancing soil bearing capacity, reducing settlement, and improving the stability of road embankments. The methodology includes laboratory testing, numerical analysis using PLAXIS 2D, and a comparative study of technical parameters between embankments with and without geotextile reinforcement. The results show that the use of geotextiles can reduce soil settlement by up to 53%, increase load-bearing capacity by 36%, and promote a more uniform stress distribution. In addition to technical benefits, geotextiles contribute to cost and time efficiency in construction. These findings indicate that geotextiles offer an effective and sustainable solution for reinforced road embankment structures.

Keywords: Geotextile, Road Embankment, Soil Reinforcement, Structural Stability, Bearing Capacity.

Abstrak

Peningkatan kualitas infrastruktur jalan sangat bergantung pada kestabilan struktur timbunan, terutama pada wilayah dengan tanah dasar yang lemah. Salah satu solusi teknis yang banyak digunakan adalah penerapan geotekstil sebagai material perkuatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja geotekstil dalam meningkatkan daya dukung tanah, mengurangi penurunan, serta memperbaiki stabilitas struktur timbunan jalan. Metode yang digunakan meliputi uji laboratorium, analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D, dan perbandingan parameter teknis antara timbunan tanpa dan dengan geotekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil dapat mengurangi penurunan tanah hingga 53%, meningkatkan kapasitas beban hingga 36%, dan memberikan distribusi tegangan yang lebih merata. Selain manfaat teknis, geotekstil juga berkontribusi pada efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan. Temuan ini mengindikasikan bahwa geotekstil merupakan solusi yang efektif dan berkelanjutan dalam penguatan struktur timbunan jalan.

Kata Kunci: Geotekstil, Timbunan Jalan, Perkuatan Tanah, Stabilitas Struktur, Daya Dukung

PENDAHULUAN

Perkembangan infrastruktur jalan di Indonesia semakin pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan aksesibilitas dan konektivitas antarwilayah. Namun, pembangunan jalan sering kali menghadapi tantangan teknis, terutama pada kondisi tanah dasar yang lemah dan tidak stabil. Permasalahan ini dapat mengakibatkan penurunan daya dukung tanah, deformasi permanen, bahkan keruntuhan struktur jalan jika tidak ditangani dengan pendekatan teknik yang tepat (Rahardjo et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan teknologi dan material inovatif untuk memperkuat tanah dasar, salah satunya adalah penggunaan material geosintetik seperti geotekstil.

Geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik yang banyak digunakan dalam proyek geoteknik dan transportasi. Material ini berfungsi sebagai perkuatan, separasi, filtrasi, dan drainase, tergantung pada jenis dan karakteristik aplikasinya. Dalam konteks struktur timbunan jalan, geotekstil memainkan peran penting dalam meningkatkan stabilitas dan mengurangi deformasi lateral maupun vertikal timbunan, terutama pada tanah lunak (Koerner, 2012). Keberhasilan penggunaan geotekstil bergantung pada parameter seperti jenis tanah, ketebalan timbunan, dan spesifikasi teknis material geotekstil itu sendiri. Studi-studi terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil pada struktur timbunan jalan dapat meningkatkan kinerja struktur jalan secara keseluruhan. Misalnya, hasil penelitian oleh Indrawan dan Wahyudi (2020) menyatakan bahwa penerapan geotekstil pada timbunan tanah lunak mampu mengurangi penurunan sebesar 30–50% dibandingkan dengan timbunan tanpa perkuatan. Hal ini menunjukkan potensi besar penggunaan geotekstil dalam meningkatkan umur layan jalan dan menurunkan biaya pemeliharaan jangka panjang.

Selain itu, geotekstil juga memberikan manfaat dari segi efisiensi konstruksi dan keberlanjutan lingkungan. Penggunaan material ini memungkinkan pengurangan volume material timbunan yang dibutuhkan, mempercepat waktu konstruksi, dan meminimalisir dampak lingkungan akibat eksploitasi material alami. Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan pembangunan berkelanjutan, geotekstil menjadi pilihan yang tepat dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan (Giroud & Han, 2016). Meskipun demikian, efektivitas geotekstil sangat bergantung pada pemilihan jenis dan metode instalasi yang sesuai. Setiap proyek memiliki karakteristik geoteknik yang unik, sehingga diperlukan evaluasi teknis yang komprehensif sebelum menentukan desain perkuatan yang optimal. Di samping itu, masih terdapat keterbatasan dalam implementasi teknologi ini di lapangan, seperti kurangnya standar nasional dan minimnya pemahaman teknis di kalangan pelaksana proyek (Suryolelono et al., 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja geotekstil sebagai material perkuatan tanah pada struktur timbunan jalan melalui tinjauan teoritis dan hasil studi kasus. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan pemahaman teknis serta mendukung pengembangan pedoman desain dan pelaksanaan penggunaan geotekstil pada proyek infrastruktur jalan di Indonesia.

METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi eksperimental dan analisis laboratorium untuk mengevaluasi kinerja geotekstil sebagai material perkuatan tanah pada struktur timbunan jalan. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh data yang bersifat objektif dan dapat diuji secara statistik, terutama dalam mengukur parameter kekuatan tanah, deformasi timbunan, dan kapasitas dukung tanah sebelum dan sesudah diberi geotekstil.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap utama, yaitu pengumpulan data sekunder dan pelaksanaan uji laboratorium. Data sekunder diperoleh dari studi literatur, laporan proyek terdahulu, serta dokumen teknis terkait penggunaan geotekstil di proyek jalan di Indonesia. Data ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan spesifikasi geotekstil yang akan diuji dan kondisi tanah yang relevan untuk simulasi di laboratorium. Untuk pengujian laboratorium, sampel tanah diambil dari lokasi yang diketahui memiliki karakteristik tanah lempung lunak, sesuai dengan kondisi umum tanah dasar pada banyak proyek jalan di Indonesia. Sampel kemudian diuji untuk menentukan sifat fisik dan mekanik seperti kadar air, berat jenis, konsistensi, dan uji kuat geser langsung (direct shear test). Pengujian dilakukan baik pada tanah tanpa perkuatan maupun tanah yang diperkuat dengan geotekstil.

Jenis geotekstil yang digunakan dalam penelitian ini adalah non-woven geotextile berbahan dasar polypropylene. Pemilihan jenis ini didasarkan pada ketersediaan di lapangan serta karakteristiknya yang umum

digunakan untuk aplikasi stabilisasi timbunan. Spesifikasi teknis geotekstil mencakup kekuatan tarik, elongasi, dan permeabilitas, yang diuji menggunakan standar ASTM (American Society for Testing and Materials). Setelah karakterisasi tanah dan material geotekstil selesai dilakukan, proses simulasi timbunan dilakukan dalam kotak uji (test box) dengan ukuran tertentu. Timbunan dibuat secara berlapis dengan ketebalan seragam, dan geotekstil dipasang di antara lapisan-lapisan timbunan. Setiap lapisan dipadatkan sesuai standar Proctor Modified untuk mensimulasikan kondisi lapangan.

Selanjutnya, dilakukan pengujian pembebanan vertikal (loading test) untuk mengetahui deformasi dan stabilitas timbunan. Sensor displacement dan beban digunakan untuk mencatat penurunan (settlement) serta beban maksimum yang dapat ditahan oleh timbunan dengan dan tanpa geotekstil. Data yang diperoleh dari pengujian ini dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan geotekstil dalam meningkatkan kinerja struktur timbunan. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan parameter teknis antara sampel kontrol (tanpa geotekstil) dan sampel uji (dengan geotekstil). Perbandingan difokuskan pada penurunan vertikal, daya dukung, dan distribusi tegangan. Uji statistik seperti uji-t dilakukan untuk memastikan signifikansi perbedaan antara kedua kelompok data.

Selain pengujian laboratorium, dilakukan pula analisis numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D untuk memodelkan perilaku timbunan jalan yang diperkuat geotekstil. Model ini dibuat berdasarkan parameter tanah dan geotekstil dari hasil uji laboratorium. Simulasi ini bertujuan untuk memverifikasi hasil uji eksperimental serta memprediksi kinerja jangka panjang dari sistem perkuatan geotekstil pada timbunan jalan. Validasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan grafik deformasi dan distribusi tegangan antara hasil laboratorium dan hasil numerik. Kesamaan pola respon menunjukkan bahwa model numerik dapat digunakan untuk memperkirakan kinerja struktur jalan di lapangan dengan tingkat akurasi yang memadai. Dengan pendekatan ganda (eksperimental dan numerik), penelitian ini menghasilkan gambaran yang lebih komprehensif tentang kinerja geotekstil.

Secara keseluruhan, metodologi ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang menyeluruh terhadap efektivitas penggunaan geotekstil dalam aplikasi struktur timbunan jalan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan desain teknis serta mendukung penerapan geotekstil secara lebih luas di proyek-proyek infrastruktur jalan di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sejumlah temuan penting terkait kinerja geotekstil sebagai material perkuatan tanah pada struktur timbunan jalan. Berdasarkan uji laboratorium, penggunaan geotekstil menunjukkan pengaruh signifikan terhadap stabilitas dan deformasi tanah dasar. Perbandingan antara sampel kontrol (tanpa geotekstil) dan sampel uji (dengan geotekstil) menunjukkan adanya pengurangan penurunan (settlement) dan peningkatan kapasitas dukung tanah. Hasil uji kuat geser langsung menunjukkan bahwa tanah yang diperkuat geotekstil mengalami peningkatan sudut geser dalam rata-rata sebesar 18% dibandingkan dengan tanah tanpa geotekstil. Hal ini menunjukkan bahwa geotekstil mampu meningkatkan interaksi antara partikel tanah dan menciptakan efek penguncian (interlocking) yang memperkuat massa tanah secara keseluruhan.

Pengujian beban vertikal pada timbunan memperlihatkan bahwa struktur yang diperkuat mampu menahan beban hingga 25% lebih tinggi sebelum mengalami deformasi signifikan. Sebaliknya, timbunan tanpa perkuatan menunjukkan penurunan lebih cepat dan tidak stabil pada beban yang sama. Dengan demikian, efektivitas penggunaan geotekstil dalam meningkatkan daya dukung sangat jelas terlihat.

Tabel berikut merangkum hasil pengukuran penurunan pada berbagai skenario:

Tabel 1. hasil pengukuran penurunan pada berbagai skenario

Kondisi Timbunan	Rata-rata Penurunan (mm)	Kapasitas Beban Maksimum (kN/m)
Tanpa Geotekstil	22.4	118
Dengan Geotekstil (1 lapis)	14.2	148
Dengan Geotekstil (2 lapis)	10.5	161

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa penggunaan satu lapis geotekstil mampu mengurangi penurunan hingga 36.6%, sementara dua lapis dapat mengurangi hingga 53.1%. Penambahan lapisan geotekstil juga berkontribusi terhadap peningkatan daya dukung, walaupun dengan kenaikan yang relatif menurun (diminishing return). Selain itu, simulasi numerik menggunakan PLAXIS 2D menunjukkan hasil yang selaras dengan uji laboratorium. Model memperlihatkan pola distribusi tegangan yang lebih merata pada timbunan dengan

geotekstil, serta deformasi lateral yang lebih rendah. Validasi dengan data laboratorium menunjukkan selisih kurang dari 5%, yang mengindikasikan bahwa model cukup andal untuk digunakan sebagai alat prediksi dalam desain perkuatan jalan.

Manfaat lain dari penggunaan geotekstil yang teridentifikasi adalah efisiensi konstruksi. Dengan daya dukung tanah yang lebih tinggi, volume material timbunan yang dibutuhkan dapat dikurangi, yang berdampak langsung pada penghematan waktu dan biaya proyek. Estimasi menunjukkan potensi pengurangan material timbunan hingga 15% pada area-area tertentu. Diagram pie berikut mengilustrasikan pembagian manfaat penggunaan geotekstil berdasarkan hasil evaluasi kuantitatif dan kualitatif:



Gambar 1. Diagram penggunaan Geotekstil Timbunan Jalan

Diagram tersebut menunjukkan bahwa kontribusi terbesar dari penggunaan geotekstil adalah pada pengurangan penurunan tanah (30%) dan peningkatan daya dukung (25%). Stabilitas struktur timbunan dan efisiensi proyek masing-masing menyumbang 25% dan 20% terhadap manfaat keseluruhan. Dalam perspektif lingkungan, penggunaan geotekstil juga mengurangi ketergantungan terhadap material timbunan alam seperti batu pecah dan pasir, yang dalam jangka panjang dapat mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan. Hal ini sangat penting terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber daya alam lokal.

Pembahasan juga mencakup tantangan implementasi di lapangan, termasuk keterbatasan pemahaman teknis dan kesalahan pemasangan yang berpotensi mengurangi efektivitas material. Oleh karena itu, pelatihan teknis dan peningkatan standar pelaksanaan menjadi penting untuk menjamin keberhasilan aplikasi geotekstil secara luas. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa geotekstil merupakan solusi teknik yang efektif dan efisien dalam mengatasi tantangan geoteknik pada konstruksi timbunan jalan. Penggunaan material ini tidak hanya meningkatkan kinerja struktur tetapi juga menawarkan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil sebagai material perkuatan tanah pada struktur timbunan jalan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kinerja geoteknik dan struktural timbunan, terutama pada tanah dasar yang lemah. Geotekstil berfungsi efektif dalam meningkatkan daya dukung, mengurangi penurunan, serta memperbaiki distribusi tegangan dalam timbunan.

Hasil uji laboratorium membuktikan bahwa geotekstil mampu mengurangi penurunan vertikal tanah hingga lebih dari 50% bila dibandingkan dengan kondisi tanpa perkuatan. Selain itu, kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan timbunan meningkat secara nyata, menunjukkan peran penting geotekstil dalam memperkuat sistem struktur jalan secara keseluruhan. Penggunaan geotekstil juga terbukti memberikan stabilitas lateral yang lebih baik, mengurangi deformasi horizontal dan risiko longsor lokal. Keunggulan ini sangat relevan untuk proyek jalan yang dibangun di atas tanah lunak, yang biasanya rawan terhadap kegagalan struktur akibat ketidakstabilan tanah dasar.

Analisis numerik yang dilakukan melalui pemodelan PLAXIS 2D menunjukkan kesesuaian hasil dengan data laboratorium. Ini membuktikan bahwa metode simulasi dapat digunakan untuk memprediksi kinerja sistem perkuatan jalan secara akurat, dan berpotensi digunakan sebagai alat bantu dalam perencanaan desain teknik di masa depan. Dari sudut pandang ekonomi dan lingkungan, penggunaan geotekstil dapat mengurangi volume material timbunan yang dibutuhkan, mempercepat durasi konstruksi, serta menurunkan biaya proyek secara keseluruhan. Di samping itu, pengurangan kebutuhan akan sumber daya alam dalam jumlah besar menjadikan geotekstil sebagai solusi yang lebih ramah lingkungan.

Meskipun hasil yang diperoleh sangat positif, penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya pemilihan jenis geotekstil yang sesuai dengan kondisi tanah dan beban desain. Selain itu, pelaksanaan di lapangan perlu mengikuti standar teknis yang ketat agar efektivitas material tetap terjaga. Secara keseluruhan, dapat

disimpulkan bahwa geotekstil merupakan teknologi yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas dan keselamatan struktur timbunan jalan. Rekomendasi ke depan mencakup perlunya penyusunan panduan teknis nasional dan peningkatan kapasitas teknis para pelaku konstruksi agar potensi penuh geotekstil dapat dimanfaatkan secara optimal dalam pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2017). *Standard Specifications for Geotextiles*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Bathurst, R. J., & Jarrett, P. M. (1989). Large-scale model tests of geogrid-reinforced retaining walls. *Canadian Geotechnical Journal*, 26(3), 455–470. <https://doi.org/10.1139/t89-058>
- Berg, R. R., Christopher, B. R., & Samtani, N. C. (2009). *Design of road embankments reinforced with geosynthetics*. Federal Highway Administration (FHWA-NHI-07-092).
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Elias, V., Christopher, B. R., & Berg, R. R. (2001). *Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes: Design and Construction Guidelines*. Federal Highway Administration.
- Giroud, J. P., & Han, J. (2004). Design method for geogrid-reinforced unpaved roads. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(8), 775–786. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2004\)130:8\(775\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:8(775))
- 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>
- Holtz, R. D., Christopher, B. R., & Berg, R. R. (2008). *Geosynthetic Design and Construction Guidelines*. FHWA.
- Indrawan, I. G. B., & Triyoso, W. (2020). Evaluasi Penggunaan Geotekstil pada Proyek Jalan Tol di Tanah Lunak. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 85–92.
- Koerner, R. M. (2012). *Designing with Geosynthetics* (6th ed.). Xlibris Corporation.
- 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>
- Mulyono, A. T. (2016). *Teknik Stabilitas Lereng dan Timbunan Jalan Raya*. Graha Ilmu.
- Noorzaei, J., & Jaafar, M. S. (2008). Finite Element Modeling of Geotextile-Reinforced Embankment on Soft Soil. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(4), 463–472.
- Nugroho, S., & Kurniawan, H. (2021). Pengaruh Penggunaan Geotekstil terhadap Kinerja Timbunan Jalan pada Tanah Lunak. *Jurnal Teknik Infrastruktur*, 9(1), 11–20.
- 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>
- PLAXIS. (2021). *PLAXIS 2D Reference Manual*. Bentley Systems.
- 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>
- Rinaldi, M., & Susilowati, D. (2018). Efektivitas Geotekstil dalam Perkuatan Jalan di Daerah Gambut. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(3), 213–221.
- Rowe, R. K., & Ho, S. K. (1996). Horizontal deformation in reinforced embankments on soft clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 33(4), 595–608. <https://doi.org/10.1139/t96-097>
- Satoinong, L., Desnalia, D., Mintura, S., Paroipo, W. T., Gulthom, A., Simamora, J., & Zebua, D. (2024). *The Impact of Communication on Project Performance in Construction Projects*. IRCEE, 1(1). <https://doi.org/10.70134/ircee.v1i1.45>
- Shen, S. L., & Xu, Y. S. (2011). Numerical Evaluation of Embankments with Geosynthetic Reinforcement over Soft Soil. *Geotextiles and Geomembranes*, 29(3), 161–173. <https://doi.org/10.1016/j.geotextmem.2010.11.001>
- Suharto, B. (2019). *Geoteknik Jalan Raya: Stabilitas Tanah dan Perkuatan Geosintetik*. Andi Publisher.

- Tanyu, B. F., Ho, S. H., & Mokwa, R. (2008). Performance of geosynthetic-reinforced roads over expansive clay subgrades. *Transportation Research Record*, 2045(1), 17–25. <https://doi.org/10.3141/2045-03>
- Teras, D., Tjahjono, B., Ridwan, R., Saepudin, A., Arniansyah, A., Leihitu, D. D. J., & Zebua, D. (2024). *Planning Road Construction Based On Smart City: Challenges And Solutions*. IRCEE, 1(1). <https://doi.org/10.70134/ircee.v1i1.44>
- 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>
- 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>
- Wijaya, R., & Kinasih, A. (2022). Evaluasi Numerik Perkuatan Timbunan Jalan Menggunakan Geotekstil dengan Model Mohr-Coulomb. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 29(1), 55–63.
- 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., & Giawa, J. F. K. (2025). Analisis tingkat penerapan perhitungan struktur pada pembangunan rumah sederhana. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 2(2), 79–84. <https://doi.org/10.70134/identik.v2i2.722>
- Zebua, D., & Giawa, J. F. K. (2025). Qualitative study of maintenance of wooden structures of traditional houses in damp environments. *Innovative Research in Civil and Environmental Engineering*, 2(1), 54–60. <https://doi.org/10.70134/ircee.v2i1.723>
- 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. (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., 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*. IRCEE, 1(1). <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., Waruwu, E., Lase, D., Yanita, R., & Giawa, J. F. K. (2024). Analisis kinerja struktur gedung beton bertulang sesuai ATC-40. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 12(03). <https://doi.org/10.35450/jip.v12i03.816>
- 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>
- Zornberg, J. G. (2002). Advances in the use of geosynthetics in pavement design. *Geotechnical Fabrics Report*, 20(7), 20–25.