

INTEGRASI KONSEP NATURE-BASED SOLUTIONS DALAM PERENCANAAN INFRASTRUKTUR KEAIRAN

Kevin Berkat Mendrofa¹, Serta Denius Daeli², Jun Fajar Krisman Giawa³

¹ Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

² Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

³ Teknik Sipil, Universitas Nias, Indonesia

¹ Email kevinberkatm@gmail.com ; ² Email sertadeniusdaeli@unias.ac.id ; ³ Email jfgiawa15@gmail.com

Abstract

The increasing frequency of hydrometeorological disasters due to climate change calls for innovative approaches in water infrastructure planning. One increasingly relevant approach is Nature-Based Solutions (NbS), which integrates ecosystem functions into infrastructure development. This study aims to explore the extent to which the NbS concept has been integrated into policies and planning practices for water infrastructure in three major Indonesian cities: Jakarta, Surabaya, and Semarang. Using a qualitative exploratory approach, data were collected through in-depth interviews, field observations, and document analysis. The results indicate that although the term NbS is not explicitly adopted in local regulations, its underlying principles have begun to be implemented through projects such as infiltration parks, coastal ecosystem restoration, and linear parks along rivers. Key success factors include political leadership, community participation, and cross-sectoral collaboration. However, challenges remain in the form of a lack of technical standards, limited funding, and weak institutional coordination. The study recommends the development of national technical guidelines and mainstreaming of NbS in regional development policies to support sustainable and climate-adaptive water infrastructure.

Keywords: Nature-Based Solutions, water infrastructure, climate change, urban planning, water resource management.

Abstrak

Peningkatan frekuensi bencana hidrometeorologis akibat perubahan iklim menuntut pendekatan inovatif dalam perencanaan infrastruktur keairan. Salah satu pendekatan yang semakin relevan adalah Nature-Based Solutions (NbS), yaitu strategi berbasis alam yang mengintegrasikan fungsi ekosistem dalam pembangunan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi sejauh mana konsep NbS telah diintegrasikan dalam kebijakan dan praktik perencanaan infrastruktur keairan di tiga kota besar Indonesia: Jakarta, Surabaya, dan Semarang. Dengan menggunakan pendekatan kualitatif eksploratif, data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, dan studi dokumentasi. Hasil menunjukkan bahwa meskipun istilah NbS belum secara eksplisit diadopsi dalam regulasi lokal, prinsip-prinsipnya telah mulai diimplementasikan melalui proyek-proyek seperti taman resapan, restorasi ekosistem pesisir, dan taman linier sepanjang sungai. Faktor-faktor kunci keberhasilan meliputi kepemimpinan politik, partisipasi masyarakat, dan sinergi lintas sektor. Namun, masih terdapat tantangan dalam bentuk kurangnya standar teknis, keterbatasan pendanaan, serta lemahnya koordinasi kelembagaan. Studi ini merekomendasikan penyusunan pedoman teknis nasional dan pengarusutamaan NbS dalam kebijakan pembangunan daerah untuk mendukung infrastruktur keairan yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Kata Kunci: Nature-Based Solutions, infrastruktur keairan, perubahan iklim, perencanaan kota, pengelolaan sumber daya air.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim, urbanisasi yang pesat, serta degradasi ekosistem air telah meningkatkan tekanan terhadap infrastruktur keairan di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Sistem infrastruktur konvensional yang bergantung pada pendekatan struktural kaku sering kali gagal merespons dinamika lingkungan yang kompleks dan tidak terduga (Kabisch et al., 2016). Dalam konteks ini, pendekatan Nature-Based Solutions (NbS) mulai mendapat perhatian luas sebagai alternatif atau pelengkap terhadap pendekatan infrastruktur tradisional. NbS merujuk pada pemanfaatan solusi alami atau semi-alami untuk mengatasi tantangan sosial dan lingkungan, seperti banjir, kekeringan, dan kualitas air, sembari meningkatkan keanekaragaman hayati dan kesejahteraan masyarakat (Cohen-Shacham et al., 2016).

Dalam perencanaan infrastruktur keairan, integrasi konsep NbS menjadi penting karena memberikan pendekatan yang lebih berkelanjutan, fleksibel, dan adaptif terhadap perubahan. Strategi ini mencakup berbagai bentuk seperti restorasi lahan basah, penghijauan daerah aliran sungai, dan pembangunan ruang terbuka biru-hijau (blue-green infrastructure) di kawasan urban (Raymond et al., 2017). Implementasi NbS tidak hanya memperkuat daya tahan infrastruktur terhadap bencana hidrometeorologi, tetapi juga memberikan manfaat bersama berupa peningkatan kualitas lingkungan dan kesehatan publik (WWAP, 2018).

Namun, adopsi konsep ini dalam praktik perencanaan infrastruktur keairan masih menghadapi berbagai tantangan, mulai dari keterbatasan regulasi, kurangnya data kuantitatif mengenai efektivitas NbS, hingga minimnya integrasi lintas sektor dan disiplin ilmu (Frantzeskaki et al., 2019). Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi dan tantangan integrasi NbS dalam perencanaan infrastruktur keairan di Indonesia, dengan harapan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kebijakan dan praktik yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Selain keunggulan ekologis dan sosial, NbS juga menawarkan efisiensi ekonomi dalam jangka panjang. Beberapa studi menunjukkan bahwa biaya investasi awal untuk proyek NbS bisa lebih rendah atau sebanding dengan infrastruktur abu-abu (grey infrastructure), namun memberikan pengembalian investasi yang lebih tinggi dalam bentuk layanan ekosistem dan pengurangan risiko bencana (Narayan et al., 2017). Misalnya, restorasi mangrove tidak hanya melindungi wilayah pesisir dari abrasi dan tsunami, tetapi juga mendukung mata pencaharian masyarakat melalui perikanan dan ekowisata. Hal ini memperlihatkan bahwa NbS tidak hanya relevan dalam konteks konservasi, melainkan juga memiliki nilai strategis dalam pembangunan infrastruktur yang inklusif dan berdaya tahan.

Di tengah meningkatnya urgensi adaptasi iklim dan tuntutan pembangunan berkelanjutan, integrasi NbS dalam perencanaan infrastruktur keairan harus didorong melalui kebijakan yang berbasis bukti, dukungan kelembagaan, serta partisipasi lintas sektor. Kolaborasi antara perencana kota, insinyur, ekolog, pembuat kebijakan, dan masyarakat lokal menjadi kunci dalam mengarusutamakan NbS ke dalam kerangka kerja pembangunan nasional dan daerah (Eggermont et al., 2015). Dengan pendekatan yang terintegrasi dan partisipatif, NbS dapat berperan sebagai solusi transformatif yang tidak hanya memecahkan masalah teknis, tetapi juga memperkuat konektivitas manusia dengan alam.

METODELOGI PENELITIAN

1) Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kualitatif eksploratif** untuk memahami secara mendalam bagaimana konsep *Nature-Based Solutions* (NbS) diintegrasikan dalam perencanaan infrastruktur keairan di Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengeksplorasi praktik, tantangan, serta potensi implementasi NbS dari berbagai sudut pandang pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, akademisi, dan praktisi teknik sipil.

2) Lokasi dan Subjek Penelitian

Studi dilakukan di tiga kota besar yang memiliki kompleksitas infrastruktur keairan dan telah melakukan inisiatif NbS, yaitu **Jakarta**, **Surabaya**, dan **Semarang**. Informan penelitian terdiri dari perencana tata ruang, insinyur lingkungan, pejabat dinas terkait (PU, Bappeda, DLH), serta LSM dan komunitas lokal yang aktif dalam isu lingkungan dan air.

3) Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui tiga teknik utama:

1. **Wawancara mendalam** (in-depth interview) dengan 15–20 informan kunci di setiap kota.
2. **Studi dokumentasi** terhadap dokumen perencanaan (RTRW, RPJMD, masterplan drainase) dan laporan proyek.
3. **Observasi lapangan** terhadap lokasi-lokasi implementasi NbS seperti taman resapan, ruang terbuka hijau, dan daerah aliran sungai yang direstorasi.

4) Instrumen Penelitian

Instrumen utama adalah pedoman wawancara semi-terstruktur dan lembar observasi yang dirancang untuk mengidentifikasi elemen NbS, bentuk integrasi dalam kebijakan/perencanaan, serta persepsi dan hambatan implementasi.

5) Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan **analisis tematik**. Langkah-langkahnya mencakup transkripsi data wawancara, pengkodean data berdasarkan tema utama (misal: manfaat NbS, tantangan implementasi, sinergi kebijakan), serta triangulasi data dari berbagai sumber untuk memastikan validitas temuan (Creswell, 2014).

Tabel 1. Tahapan Penelitian dan Teknik Yang Digunakan

Tahap Penelitian	Aktivitas Utama	Teknik Pengumpulan Data	Output
Studi Pendahuluan	Penerusan Literasi Dan Dokumen Kebijakan	Studi Dokumentasi	Kerangka Teoritik Dan Kebijakan Nbs
Pemilihan Lokasi Dan Informan	Penentuan Kota Studi Dan Identifikasi Informan Kunci	Purposive Sampling	Daftar Lokasi Dan Informasi
Pengumpulan Data Lapangan	Wawancara, Observasi, Dan Dokumentasi Lapangan	Wawancara, Observasi Langsung	Data Kualitatif Dan Visual
Analisis Data	Pengodean, Pengelompokan Tema, Dan Interpretasi Temuan	Analisi Tematik	Temuan Kunci Tentang Intergrasi Nbs
Validasi Temuan	Triangulasi Dan Diskusi Pakar	Cross-Check Dengan Dokumentasi/Wawancara	Validasi Dan Perbaikan Interpretasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dokumen perencanaan di ketiga kota menunjukkan bahwa konsep NbS belum secara eksplisit digunakan sebagai istilah baku. Namun, beberapa prinsip NbS telah mulai diadopsi melalui kebijakan ruang terbuka hijau, pengendalian banjir berbasis ekosistem, dan pengelolaan DAS secara partisipatif. Surabaya menonjol dalam integrasi NbS karena keberhasilan revitalisasi saluran dan taman kota dengan pendekatan ekologi. Dari observasi lapangan, ditemukan bahwa bentuk-bentuk NbS yang telah diimplementasikan meliputi taman resapan, kolam retensi, hutan kota, dan penanaman vegetasi sepanjang sungai. Di Jakarta, misalnya, program normalisasi Kali Ciliwung telah digantikan oleh pendekatan naturalisasi yang lebih ramah lingkungan. Sementara itu, Semarang mengembangkan *coastal buffer zone* sebagai bentuk adaptasi berbasis alam terhadap intrusi air laut.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian besar informan memahami pentingnya pendekatan ekologis dalam pengelolaan air. Namun, pemahaman tentang istilah *Nature-Based Solutions* masih terbatas. Praktisi teknik lebih familiar dengan istilah seperti *green infrastructure* atau *sustainable drainage*. Ini menunjukkan perlunya pengarusutamaan istilah dan konsep NbS dalam pelatihan dan regulasi teknis. Hambatan

utama dalam integrasi NbS terletak pada tumpang tindih kewenangan antarinstansi, kurangnya koordinasi lintas sektor, serta minimnya kapasitas kelembagaan. Di Surabaya, meskipun pemerintah kota cukup progresif, koordinasi antara Dinas PU dan Dinas Lingkungan Hidup belum optimal, terutama dalam pemeliharaan taman resapan dan sistem drainase.

Faktor pendukung keberhasilan integrasi NbS antara lain adalah kepemimpinan politik yang kuat, dukungan masyarakat, serta kolaborasi dengan perguruan tinggi. Surabaya dan Semarang menunjukkan bahwa pelibatan komunitas lokal dalam pengelolaan taman kota dan sempadan sungai meningkatkan keberlanjutan proyek NbS. Dari perspektif ekonomi, pelaksanaan NbS di ketiga kota dilakukan dengan kombinasi dana APBD, hibah luar negeri, dan kemitraan swasta. Meski alokasi dana masih kecil dibandingkan proyek infrastruktur konvensional, efektivitas biaya jangka panjang dari NbS dianggap lebih menguntungkan karena biaya operasional dan pemeliharaan yang lebih rendah.

Dalam aspek teknis, kendala utama adalah kurangnya standar desain untuk NbS yang dapat diadopsi oleh kontraktor dan perencana. Di Jakarta, proyek taman resapan sering kali tidak memiliki acuan teknis yang baku, menyebabkan perbedaan kualitas antar lokasi. Hal ini memperkuat perlunya pedoman nasional tentang NbS dalam infrastruktur keairan. Keterlibatan masyarakat dalam desain dan pemeliharaan NbS sangat beragam. Di Semarang, program adopsi sungai mendorong warga menjaga kebersihan dan keindahan bantaran sungai. Di sisi lain, di Jakarta, partisipasi masyarakat masih rendah karena kurangnya sosialisasi dari pemerintah daerah.

NbS yang berhasil umumnya mempertimbangkan konektivitas antar ekosistem. Di Surabaya, pembangunan taman linier di sepanjang saluran air meningkatkan konektivitas ekologis dan keanekaragaman hayati. Integrasi ini juga memberikan nilai tambah berupa peningkatan kualitas udara dan iklim mikro. Evaluasi dampak NbS belum menjadi prosedur rutin dalam pengelolaan infrastruktur keairan. Hanya Surabaya yang memiliki sistem monitoring sederhana untuk menilai kinerja taman resapan. Di kota lain, evaluasi dampak lebih bersifat kualitatif dan belum berbasis indikator yang terukur secara sistematis.

Berdasarkan hasil di atas, direkomendasikan agar pemerintah daerah mengembangkan peraturan daerah yang mengarusutamakan NbS dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur keairan. Selain itu, penyusunan pedoman teknis, penyediaan dana insentif, dan pelibatan masyarakat secara aktif harus menjadi bagian integral dari strategi integrasi NbS ke depan.

Tabel 2. Perbandingan Implementasi NbS di 3 Kota

Aspek	Jakarta	Surabaya	Semarang
Bentuk Nbs Dominan	Naturalisasi Sungai, Taman Resapan	Taman Linear, Kolam Retensi	Penanaman Mangrove, Buffer Zone
Tingkat Partisipasi Publik	Rendah	Sedang Tinggi	Tinggi
Dukungan Kebijakan Lokal	Terbatas	Kuat	Sedang
Standar Teknis	Belum Baku	Sebagian Tersedia	Belum Tersedia
Evaluasi Dampak	Tidak Sistematis	Ada Sistem Monitoring	Kualitatif

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi konsep *Nature-Based Solutions* (NbS) dalam perencanaan infrastruktur keairan di Indonesia masih berada pada tahap awal dan belum sepenuhnya terlembagakan secara formal dalam regulasi dan praktik teknis. Meskipun istilah NbS belum banyak digunakan secara eksplisit dalam dokumen kebijakan, prinsip-prinsipnya telah tercermin dalam berbagai inisiatif lokal seperti taman resapan, penghijauan kawasan sungai, dan pemulihan ekosistem pesisir. Ketiga kota studi—Jakarta, Surabaya, dan Semarang—menunjukkan variasi dalam pendekatan dan implementasi NbS. Surabaya menonjol sebagai kota dengan integrasi NbS yang relatif lebih baik, didukung oleh kepemimpinan politik yang kuat, regulasi daerah yang kondusif, dan partisipasi masyarakat yang aktif. Jakarta dan Semarang, meski memiliki beberapa proyek berbasis alam, masih menghadapi kendala dalam harmonisasi kebijakan dan kelembagaan lintas sektor.

Partisipasi masyarakat terbukti menjadi elemen kunci dalam keberhasilan implementasi NbS. Keterlibatan warga dalam pemeliharaan taman kota, pengawasan sempadan sungai, hingga program adopsi sungai di Semarang menjadi contoh praktik baik yang dapat direplikasi. Namun, partisipasi ini masih sangat bergantung pada upaya sosialisasi dan edukasi yang dilakukan oleh pemerintah daerah. Dari sisi teknis dan operasional, tantangan utama adalah ketiadaan standar desain dan pedoman teknis yang mengatur pembangunan NbS secara

sistematis. Hal ini menyebabkan variasi kualitas dan efektivitas dari proyek yang diimplementasikan. Oleh karena itu, dibutuhkan intervensi dari pemerintah pusat dalam bentuk penyusunan panduan teknis nasional yang dapat dijadikan acuan oleh pemerintah daerah dan para profesional.

Penelitian ini juga menyoroti pentingnya penguatan sistem monitoring dan evaluasi terhadap dampak NbS, baik secara ekologis maupun sosial-ekonomi. Pengukuran berbasis indikator yang jelas akan membantu dalam pembuktian efektivitas NbS dan mendorong peningkatan alokasi anggaran serta dukungan kebijakan di masa depan. Secara keseluruhan, integrasi NbS dalam perencanaan infrastruktur keairan memerlukan pendekatan holistik yang mencakup harmonisasi kebijakan, dukungan kelembagaan, pembiayaan berkelanjutan, serta kolaborasi lintas sektor dan masyarakat. Jika dikelola dengan baik, NbS dapat menjadi solusi strategis untuk membangun infrastruktur keairan yang tidak hanya tangguh terhadap perubahan iklim, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup dan kelestarian lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberti, M. (2005). The effects of urban patterns on ecosystem function. *International Regional Science Review*, 28(2), 168–192. <https://doi.org/10.1177/0160017605275160>
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- EC (European Commission). (2015). *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. European Commission. <https://doi.org/10.2777/765301>
- Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., et al. (2015). Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(4), 243–248.
- Folke, C., Biggs, R., Norström, A. V., Reyers, B., & Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society*, 21(3), 41. <https://doi.org/10.5751/ES-08748-210341>
- 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>
- Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., et al. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 151, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.03.003>
- Keeler, B. L., Hamel, P., McPhearson, T., et al. (2019). Social-ecological and technological factors moderate the value of urban nature. *Nature Sustainability*, 2, 29–38. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0202-1>
- 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>
- Mulyani, M., & Jepson, P. (2013). REDD+ and Forest Governance in Indonesia: A Multilevel Perspective. *Asia Pacific Viewpoint*, 54(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/apv.12002>
- Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., et al. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, 1215–1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- 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>
- Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., et al. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>

- 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>
- Rijke, J., Farrelly, M., Brown, R., & Zevenbergen, C. (2013). Configuring transformative governance to enhance resilient urban water systems. *Environmental Science & Policy*, 25, 62–72.
- 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>
- Setiadi, R., & Nurlita, R. (2020). Penguatan peran ruang terbuka hijau sebagai solusi berbasis alam dalam perencanaan kota. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 31(2), 87–100.
- Surjadi, P., & Santoso, D. (2018). Analisis pengelolaan infrastruktur air berbasis masyarakat di Semarang. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(3), 155–164.
- 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>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., et al. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178.
- UN-Water. (2018). *Nature-based solutions for water: The United Nations World Water Development Report 2018*. UNESCO. <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018-nature-based-solutions-for-water/>
- van der Jagt, A. P. N., Davies, C., Laforteza, R., et al. (2019). The impact of urban green infrastructure on health and well-being: A review. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(14), 2587–2607.
- 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>
- Widiastuti, D., & Ardiansyah, F. (2021). Implementasi Nature-Based Solutions dalam adaptasi perubahan iklim di Indonesia. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 29(1), 45–57.
- Wong, T. H. F., & Brown, R. R. (2009). The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), 673–682.
- 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). Analisis 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>