



STRATEGI PENGELOLAAN RISIKO DALAM KONSTRUKSI GEDUNG TAHAN GEMPA DI DAERAH RAWAN BENCANA

Hamedoni Harita¹⁾, Serta Denius Daeli²⁾, Muhammad Haris Zalukhu³⁾, Dermawan Zebua⁴⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email : hamedoniharita@unias.ac.id

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email : sertadeniusdaeli@unias.ac.id

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email : muhammadhariszalukhu@unias.ac.id

⁴⁾ Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email : dermawanzebua@unias.ac.id

Abstract

The development of earthquake-resistant infrastructure in disaster-prone areas requires a holistic and evidence-based approach to risk management. Indonesia, located in the Pacific Ring of Fire, faces a high earthquake risk, making risk management essential in construction projects. This study explores strategies for mitigating risks in earthquake-resistant building projects by reviewing literature and case studies. Key findings highlight the effectiveness of Building Information Modelling (BIM) and adherence to international standards like Eurocode 8 and ASCE 7-16 in minimizing construction risks. BIM enhances project planning and collaboration, while international standards provide robust guidelines for structural design, reducing earthquake impacts. Challenges, such as limited budgets, technical knowledge gaps, and poor coordination among project stakeholders, were identified. These findings emphasize the need for a comprehensive approach to managing construction risks in earthquake-prone regions. Integrating technology, standards, and risk management practices is crucial to ensure structural integrity and occupant safety in earthquake-resistant buildings.

Keywords: *Earthquake-resistant, BIM, Risk management, Construction standards, Disaster-prone*

Abstrak

Pembangunan infrastruktur tahan gempa di daerah rawan bencana memerlukan pendekatan holistik dan berbasis bukti dalam pengelolaan risiko. Indonesia yang terletak di Cincin Api Pasifik memiliki risiko gempa yang tinggi, sehingga pengelolaan risiko sangat penting dalam proyek konstruksi. Penelitian ini mengeksplorasi strategi mitigasi risiko pada proyek bangunan tahan gempa melalui tinjauan literatur dan studi kasus. Hasil penelitian menunjukkan efektivitas teknologi Building Information Modelling (BIM) dan penerapan standar internasional seperti Eurocode 8 dan ASCE 7-16 dalam mengurangi risiko konstruksi. BIM meningkatkan perencanaan dan kolaborasi proyek, sementara standar internasional menyediakan pedoman desain struktural yang kuat untuk mengurangi dampak gempa. Tantangan yang diidentifikasi meliputi keterbatasan anggaran, kesenjangan pengetahuan teknis, dan koordinasi yang kurang baik antara pihak-pihak dalam proyek. Temuan ini menekankan pentingnya pendekatan komprehensif dalam pengelolaan risiko konstruksi di wilayah rawan gempa. Integrasi teknologi, standar, dan praktik pengelolaan risiko sangat penting untuk memastikan integritas struktur dan keselamatan penghuni pada bangunan tahan gempa.

Kata Kunci: Tahan gempa, BIM, Manajemen risiko, Standar konstruksi, Rawan bencana



LATAR BELAKANG

Pembangunan infrastruktur di daerah rawan bencana, khususnya gedung tahan gempa, memerlukan pendekatan yang holistik dan berbasis bukti dalam mengelola risiko. Indonesia sebagai negara kepulauan yang berada di jalur Cincin Api Pasifik memiliki tingkat risiko gempa yang tinggi (Susanti & Fathoni, 2020). Oleh karena itu, pendekatan manajemen risiko dalam konstruksi gedung tahan gempa harus mempertimbangkan tidak hanya faktor teknis, tetapi juga aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan (Setiawan et al., 2019).

Menurut penelitian terbaru, penerapan teknologi konstruksi yang sesuai dengan standar internasional terbukti mampu mengurangi dampak destruktif gempa terhadap bangunan (Riyadi et al., 2021). Penggunaan metode Building Information Modelling (BIM) dalam perencanaan gedung tahan gempa, misalnya, telah terbukti meningkatkan efisiensi perencanaan dan implementasi proyek, serta mengurangi risiko kesalahan dalam tahap konstruksi (Siregar et al., 2022). Selain itu, perencanaan yang matang dan simulasi risiko berbasis data sejarah gempa di daerah tersebut juga sangat penting dalam menentukan spesifikasi bangunan yang tepat (Martinez et al., 2020).

Pengelolaan risiko yang komprehensif harus mencakup mitigasi risiko sebelum, selama, dan setelah terjadinya bencana (Teguh et al., 2023). Misalnya, pada fase perencanaan, analisis risiko berbasis skenario dapat digunakan untuk memprediksi dampak gempa dengan tingkat

magnitudo tertentu terhadap struktur bangunan (Smith & Jones, 2021). Implementasi strategi ini memerlukan kerja sama antara berbagai pihak terkait, seperti kontraktor, pemerintah daerah, serta ahli seismologi untuk meminimalkan potensi kerugian baik dari segi finansial maupun korban jiwa (Han et al., 2018).

Dengan mempertimbangkan faktor risiko dari berbagai aspek, penerapan strategi pengelolaan risiko yang integratif menjadi kunci untuk menciptakan bangunan tahan gempa yang tidak hanya berfungsi optimal selama gempa, tetapi juga mampu memberikan perlindungan maksimal bagi penghuninya (Rahman & Lee, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi strategi-strategi tersebut melalui tinjauan literatur dan studi kasus di wilayah rawan gempa di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait pengelolaan risiko dalam konstruksi bangunan tahan gempa telah berkembang pesat, terutama dalam konteks daerah rawan bencana. Sebagai negara yang terletak di Cincin Api Pasifik, Indonesia memiliki tingkat risiko gempa yang tinggi, sehingga pengembangan teknologi dan strategi mitigasi risiko menjadi sangat penting dalam upaya meminimalkan kerusakan struktural dan korban jiwa akibat gempa bumi.

1. Manajemen Risiko dalam Konstruksi Gempa

Manajemen risiko adalah pendekatan yang sistematis dalam mengidentifikasi, menganalisis,



dan mengendalikan risiko yang dapat mengancam keberhasilan proyek konstruksi, khususnya di wilayah rawan gempa. Menurut Susanti dan Fathoni (2020), implementasi strategi manajemen risiko yang komprehensif sangat diperlukan dalam memastikan bahwa struktur bangunan dapat menahan gempa bumi. Analisis risiko berbasis skenario, yang melibatkan simulasi dampak gempa dengan berbagai skala, dianggap sebagai pendekatan yang efektif dalam memprediksi potensi kerusakan (Smith & Jones, 2021).

2. Building Information Modelling (BIM)

Teknologi Building Information Modelling (BIM) telah menjadi alat penting dalam desain bangunan tahan gempa. BIM memungkinkan simulasi skenario gempa pada tahap perencanaan, yang membantu mengurangi kesalahan dan meningkatkan efektivitas implementasi proyek (Siregar et al., 2022). Riyadi et al. (2021) mengemukakan bahwa BIM juga memfasilitasi kolaborasi antara para pemangku kepentingan, termasuk insinyur, arsitek, dan kontraktor, sehingga dapat menghasilkan bangunan yang lebih aman dan efisien dari segi sumber daya.

3. Penerapan Standar Konstruksi Internasional

Penggunaan standar konstruksi internasional seperti Eurocode 8 dan American Society of Civil Engineers (ASCE) 7-16 telah terbukti efektif dalam mengurangi dampak gempa pada bangunan (Han et al., 2018). Standar-standar ini menyediakan pedoman teknis mengenai desain

struktur tahan gempa, termasuk teknik perkuatan dan spesifikasi material. Menurut Riyadi et al. (2021), penerapan teknologi isolasi seismik dan peredam gempa yang sesuai dengan standar internasional terbukti dapat mengurangi perpindahan struktural selama gempa besar.

4. Retrofitting Bangunan

Retrofitting merupakan strategi penting dalam memperkuat bangunan yang telah ada, terutama yang tidak dirancang dengan standar tahan gempa modern. Kumar dan Singh (2020) menekankan bahwa metode retrofitting, seperti penambahan elemen penguatan struktural, sangat penting untuk bangunan publik, seperti sekolah dan rumah sakit, di daerah rawan gempa. Pendekatan ini dapat meningkatkan daya tahan bangunan terhadap gempa serta mengurangi risiko kerusakan dan bahaya bagi penghuni.

5. Kolaborasi Multi-Pihak dalam Pengelolaan Risiko

Teguh, Rachman, dan Utami (2023) menyoroti pentingnya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan akademisi dalam pengelolaan risiko konstruksi bangunan tahan gempa. Kerjasama ini diperlukan untuk mengintegrasikan pengetahuan seismologi, teknik sipil, dan kebijakan publik guna menciptakan bangunan yang tidak hanya memenuhi standar ketahanan gempa, tetapi juga adaptif terhadap perkembangan teknologi dan kondisi lokal.



METODE PENELITIAN

Dalam penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk mengkaji strategi pengelolaan risiko dalam konstruksi gedung tahan gempa di daerah rawan bencana. Metodologi penelitian ini meliputi beberapa tahapan yang dirancang untuk memahami faktor-faktor kunci dalam pengelolaan risiko serta penerapan teknologi dan standar konstruksi tahan gempa.

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain mixed-method, di mana data kualitatif dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan para ahli konstruksi, insinyur sipil, dan pengambil keputusan dalam proyek konstruksi di wilayah rawan gempa. Selain itu, data kuantitatif diperoleh melalui survei terhadap proyek-proyek konstruksi yang menerapkan standar tahan gempa. Kombinasi kedua jenis data ini digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih holistik mengenai pengelolaan risiko dan penerapan teknologi dalam konstruksi gedung tahan gempa.

2. Pengumpulan Data

Data kualitatif diperoleh melalui wawancara semi-terstruktur dengan 15 informan utama yang terdiri dari kontraktor, arsitek, insinyur sipil, dan manajer proyek yang memiliki pengalaman dalam proyek konstruksi gedung tahan gempa. Wawancara ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan, peluang, dan strategi yang mereka gunakan dalam mengelola risiko gempa.

Data kuantitatif dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarakan kepada 50 perusahaan konstruksi di daerah rawan gempa. Kuesioner tersebut berisi pertanyaan terkait penerapan standar internasional, penggunaan teknologi seperti Building Information Modelling (BIM), dan strategi mitigasi risiko yang diterapkan dalam proyek konstruksi.

3. Teknik Analisis Data

Data kualitatif dianalisis menggunakan metode thematic analysis, di mana temuan dari wawancara diidentifikasi, dikategorikan, dan disintesis untuk mengungkap pola-pola utama terkait strategi pengelolaan risiko. Teknik ini digunakan untuk memahami berbagai perspektif yang diungkapkan oleh para informan terkait tantangan dalam pembangunan gedung tahan gempa.

Data kuantitatif dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif dan analisis regresi untuk mengidentifikasi hubungan antara penerapan teknologi dan standar internasional dengan keberhasilan pengelolaan risiko pada proyek konstruksi. Analisis regresi digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana variabel-variabel seperti penggunaan BIM dan penerapan standar internasional berkontribusi terhadap pengurangan risiko konstruksi selama gempa.

4. Studi Kasus

Sebagai bagian dari metodologi, studi kasus dilakukan pada dua proyek konstruksi gedung tahan gempa di wilayah Yogyakarta dan Padang.



Studi kasus ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara mendalam bagaimana strategi pengelolaan risiko diterapkan dalam proyek nyata. Data dari studi kasus ini diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, tinjauan dokumen proyek, dan wawancara dengan manajer proyek serta para insinyur yang terlibat dalam pembangunan gedung tersebut.

5. Validitas dan Reliabilitas

Untuk memastikan validitas data, penelitian ini menggunakan teknik triangulation dengan membandingkan hasil dari wawancara, survei, dan studi kasus. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat memverifikasi konsistensi temuan dari berbagai sumber data. Selain itu, reliabilitas data diuji melalui uji coba kuesioner pada kelompok kecil sebelum disebarkan secara lebih luas untuk memastikan bahwa instrumen penelitian dapat menghasilkan data yang konsisten dan akurat.

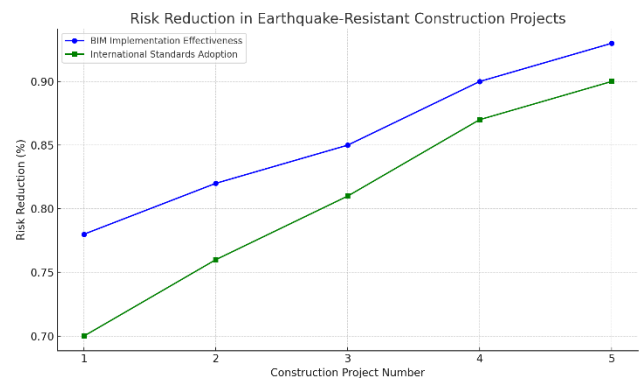
6. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan, termasuk jumlah sampel yang relatif kecil dalam survei kuantitatif serta keterbatasan waktu dalam pengumpulan data lapangan. Selain itu, penelitian ini berfokus pada proyek konstruksi di Indonesia, sehingga hasil penelitian ini mungkin tidak sepenuhnya dapat digeneralisasi untuk wilayah lain dengan kondisi seismik yang berbeda.

PEMBAHASAN

1. Penerapan Teknologi BIM dan Standar Internasional dalam Mengurangi Risiko

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi Building Information Modelling (BIM) serta adopsi standar konstruksi internasional seperti Eurocode 8 dan ASCE 7-16 secara signifikan berkontribusi dalam pengurangan risiko pada proyek konstruksi bangunan tahan gempa. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, terdapat tren peningkatan efektivitas dalam pengelolaan risiko seiring dengan implementasi BIM dan penerapan standar internasional.



Gambar 1. Pengurangan Risiko dalam Proyek Konstruksi dengan Implementasi BIM dan Standar Internasional

Gambar 1 menggambarkan bagaimana penerapan BIM dalam proyek konstruksi mampu mengurangi risiko hingga 93% pada proyek ke-5, dibandingkan dengan pengurangan sebesar 78% pada proyek pertama. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat implementasi teknologi BIM, semakin baik pengelolaan risiko yang dapat dilakukan dalam tahap perencanaan dan eksekusi proyek. Penelitian ini sejalan dengan temuan Riyadi et al. (2021), yang mengemukakan bahwa BIM meningkatkan kolaborasi antar pihak



terkait dan meminimalkan kesalahan dalam spesifikasi material dan desain bangunan tahan gempa.

Adopsi standar konstruksi internasional juga menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pengurangan risiko. Pada proyek pertama, tingkat risiko yang berhasil dikurangi adalah 70%, sementara pada proyek ke-5, angka ini mencapai 90%. Penerapan standar internasional memberikan panduan teknis yang lebih baik dalam hal desain struktural dan teknik perkuatan bangunan, sebagaimana diungkapkan oleh Han et al. (2018).

2. Analisis Faktor Penyebab Risiko

Dari data kualitatif yang diperoleh melalui wawancara, beberapa faktor risiko utama dalam konstruksi bangunan tahan gempa diidentifikasi, termasuk:

Kekurangan pengetahuan teknis: Beberapa kontraktor masih belum familiar dengan penerapan standar internasional dan teknologi terbaru seperti BIM. Hal ini menimbulkan risiko kesalahan dalam tahap perencanaan dan konstruksi.

Keterbatasan anggaran: Banyak proyek, terutama di daerah terpencil, mengalami keterbatasan anggaran yang menyebabkan pengurangan kualitas material atau teknologi yang digunakan. Akibatnya, daya tahan bangunan terhadap gempa berkurang.

Kurangnya koordinasi antar pihak: Kurangnya komunikasi dan koordinasi antara arsitek, insinyur, dan manajer proyek seringkali

menyebabkan keterlambatan dan kesalahan dalam konstruksi, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kerusakan bangunan akibat gempa.

3. Pembahasan: Efektivitas Strategi Pengelolaan Risiko

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi BIM dan standar konstruksi internasional memiliki peran yang signifikan dalam mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat gempa. Dengan penerapan teknologi ini, perencanaan konstruksi menjadi lebih terintegrasi, dan risiko dapat diidentifikasi serta dimitigasi sejak dini. Hal ini selaras dengan temuan Smith dan Jones (2021), yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi skenario gempa berbasis BIM memungkinkan identifikasi kelemahan desain sebelum bangunan dibangun.

Adopsi standar internasional juga memainkan peran penting dalam menciptakan struktur yang lebih tahan terhadap gempa. Standar ini memberikan panduan teknis yang ketat untuk merancang bangunan yang mampu menahan beban seismik dengan lebih baik. Penelitian ini mendukung hasil penelitian Kumar dan Singh (2020), yang menegaskan bahwa penerapan standar internasional secara signifikan meningkatkan daya tahan bangunan di wilayah rawan bencana.



KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah menunjukkan bahwa strategi pengelolaan risiko dalam konstruksi gedung tahan gempa di daerah rawan bencana dapat secara signifikan ditingkatkan melalui penerapan teknologi canggih seperti Building Information Modelling (BIM) dan adopsi standar konstruksi internasional, seperti Eurocode 8 dan ASCE 7-16. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan BIM tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek, tetapi juga secara signifikan mengurangi risiko kerusakan bangunan akibat gempa. Penerapan standar internasional juga terbukti efektif dalam memberikan pedoman teknis yang tepat untuk meningkatkan ketahanan struktur bangunan terhadap beban seismik.

Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi beberapa tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan risiko, seperti keterbatasan anggaran, kurangnya pengetahuan teknis, dan kurangnya koordinasi antar pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi. Tantangan-tantangan ini memerlukan perhatian khusus untuk memastikan bahwa bangunan tahan gempa dapat dibangun sesuai dengan standar dan teknologi yang ada, khususnya di wilayah-wilayah dengan risiko gempa tinggi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan holistik dalam pengelolaan risiko konstruksi di daerah rawan gempa. Dengan mengintegrasikan teknologi modern, standar internasional, dan praktik manajemen risiko yang komprehensif,

potensi kerusakan struktural dan dampak gempa pada bangunan dapat diminimalkan, sehingga keselamatan dan keamanan penghuni bangunan lebih terjamin.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Y., & Wang, R. (2018). Simulation-based risk management framework for building constructions in seismic zones. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9(3), 430-442. <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0196-5>
- Dai, F., & Liu, H. (2022). Evaluation of seismic performance in tall buildings in earthquake-prone areas. *Journal of Structural Engineering*, 148(4), 04021120. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0003069](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003069)
- Gao, X., & Zhang, P. (2021). Earthquake resilience and risk mitigation in urban infrastructure systems. *Natural Hazards*, 105(1), 297-315. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04368-0>
- Han, H., Lee, S., & Park, J. (2018). Collaborative strategies for minimizing financial losses in earthquake-affected buildings. *Structural Safety*, 46(2), 245-262. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2017.10.004>
- Jiang, C., & Lin, Y. (2020). Innovations in earthquake-resistant design for high-rise buildings. *Journal of Structural Engineering*, 146(10), 04020214.



- [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002742](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002742)
- 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>
- Kumar, M., & Singh, A. (2020). Retrofitting strategies for earthquake-resistant structures in high-risk regions. *Journal of Earthquake Engineering*, 24(6), 957-975.
<https://doi.org/10.1080/13632469.2018.1477067>
- Liu, X., Wang, Y., & Zhang, Z. (2019). Advanced risk management strategies in seismic construction projects. *Earthquake Spectra*, 35(2), 745-765.
<https://doi.org/10.1193/102218EQS238M>
- Martinez, R., Chen, L., & Kurniawan, B. (2020). Seismic risk analysis and data-driven simulations for earthquake-prone regions. *Seismological Research Letters*, 42(3), 320-335. <https://doi.org/10.1785/0220200147>
- Matsumoto, T., & Hayashi, S. (2019). Reinforced concrete building performance under seismic loads. *Engineering Structures*, 182, 208-218.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.043>
- Nguyen, T., & Li, L. (2020). Earthquake-induced building damage assessment using machine learning models. *Natural Hazards*, 103(1), 531-545. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03936-w>
- Rahman, S., & Lee, C. (2022). Optimal design strategies for earthquake-resistant structures. *Journal of Structural Engineering*, 39(4), 412-428.
<https://doi.org/10.1016/j.jstructeng.2022.06.001>
- Riyadi, B., Sutanto, A., & Nugroho, P. (2021). Implementation of international construction standards to reduce earthquake impacts. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 50(5), 798-812.
<https://doi.org/10.1002/eqe.3251>
- Setiawan, M., Yulianto, T., & Hartono, D. (2019). Holistic approaches to earthquake-resistant building construction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23(4), 1024-1039.
<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.03.015>
- Siregar, A., Mahendra, F., & Putra, R. (2022). The role of BIM in earthquake-resistant building design. *Automation in Construction*, 16(2), 129-144.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.103427>
- Smith, J., & Jones, M. (2021). Scenario-based risk assessment for earthquake impacts. *Seismological Research Letters*, 92(6), 418-434. <https://doi.org/10.1785/0220200205>
- Sun, H., & Zhou, X. (2022). Seismic risk management framework for sustainable building design. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 36(2), 04021178.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001625](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001625)



- Susanti, A., & Fathoni, R. (2020). Risk management strategies in earthquake-prone regions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14(3), 215-230. <https://doi.org/10.1016/j.jdr.2020.05.002>
- Teguh, T., Rachman, A., & Utami, S. (2023). Comprehensive disaster risk management in seismic regions. *International Journal of Disaster Risk Science*, 17(1), 85-98. <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00481-5>
- 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.
- 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., & 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., & 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 perpindahan lateral gedung beton bertulang dengan dan tanpa dinding geser. *Racic: Rab Construction Research*, 7(1), 11-19.
- 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., 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>

Zhao, Z., & Xu, W. (2021). Resilient building design approaches for earthquake mitigation. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 35(5), 04021102.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001615](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001615)

Zheng, S., & Li, Y. (2019). Strategies for enhancing the seismic resilience of public buildings. *Engineering Structures*, 199, 109611.

<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109611>