

Tinjauan Kinerja Berbagai Variasi Konfigurasi Bresing Konsentrik Sebagai Sistem Penahan Beban Lateral Terhadap Nilai Simpangan Yang Terjadi Pada Bangunan Gedung Struktur Baja Tingkat Tinggi

Performance Review Various Variations of Configuration Concentrically Bracing as a Lateral Load Resisting System on The Value of Deflection in High-Rise Steel Structural Building

Diah Khairinnisa^{1*}, Anna Emiliawati²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jambi, Jambi

*Corresponding Author: diah.khairinnisa@unja.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan bresing konsentrik (*Concentrically Braced Frame*, CBF) pada struktur baja merupakan salah satu solusi yang efektif untuk mengurangi simpangan yang terjadi pada struktur. Dalam studi ini, dilakukan analisis terhadap 10 jenis model struktur, yang meliputi struktur MRF, A CBF F, A CBF SS, A CBF 5, B CBF F, B CBF SS, B CBF 5, C CBF F, C CBF SS, dan C CBF 5. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati simpangan yang timbul pada setiap model struktur tersebut. Dari hasil analisis, hanya empat model struktur yang berhasil memenuhi batas izin simpangan antar tingkat, yaitu Struktur MRF, A CBF F, B CBF F, dan C CBF F. Hal ini menunjukkan bahwa apabila ditinjau berdasarkan denah posisi vertikal bresing, denah F menjadi yang paling optimal dalam hal pengendalian simpangan. Keberadaan bresing yang terpasang penuh dari lantai bawah hingga lantai atas berperan signifikan dalam meningkatkan kekakuan struktur, yang terlihat dari penurunan nilai perioda struktur, selain itu juga dibuktikan dengan denah posisi vertikal F dapat membuat struktur bangunan cenderung handal dalam menahan simpangan yang terjadi.

Kata kunci: CBF, Model, Simpangan, Struktur,

ABSTRACT

Concentrically Braced Frame, CBF in steel structures is an effective solution for reducing deflection that occurs in structures. In this study, an analysis of 10 types of structural models was carried out, including the MRF structure, A CBF F, A CBF SS, A CBF 5, B CBF F, B CBF SS, B CBF 5, C CBF F, C CBF SS, and C CBF 5. The main aim of this research is to observe the deflection that arises in each structural model. From the results of the analysis, only four structural models succeeded in meeting the clearance limits for inter-story drift, namely MRF Structure, A CBF F, B CBF F, and C CBF F. This shows that when viewed based on the plan of the vertical position of the braces, plan F is the one the most optimal in terms of deflection control. The presence of braces that are fully installed from the ground floor to the top floor plays a significant role in increasing the structure's stiffness, which can be seen from the decrease in the value of the period of the structure. It is also proven by the vertical position plan F, which makes the building structure reliable in resisting deflection.

Keywords: CBF, Model, Deflection, Structure.

PENDAHULUAN

Negara kepulauan Indonesia, sebagian besar mempunyai wilayah dengan kerawanan terhadap gempa bumi yang cukup tinggi (Smith et al., 2022; Alrousan & Alnemrawi, 2022). Struktur Gedung bangunan tinggi salah satu jenis struktur yang rentan terhadap gaya lateral, maka struktur bangunan ini harus di desain dengan kemampuan menahan gaya lateral yang baik (Song et al., 2021; Jongvivatsakul et al., 2022).

Negara Indonesia merupakan negara yang berada dalam wilayah cincin api pasifik (*Ring of Fire*), dimana hal ini dapat menyebabkan potensi gempa yang cukup besar. Kapan akan terjadinya gempa tidak dapat diprediksi, akan tetapi gempa pasti akan terjadi (Ciabattone et al.,

2024; Gunasti & Surya, 2024). Seorang professional harus bertanggungjawab terhadap perencanaan desain bangunan agar kuat, kaku, dan aman bagi penggunaannya.

Salah satu jenis sistem struktur adalah MRF (Moment Resisting Frame). Dalam sistem ini, sambungan antara balok dan kolom perlu didesain dengan kekuatan yang cukup agar dapat meningkatkan kekuatan balok serta mengurangi risiko keruntuhan rapuh (brittle) pada sambungan tersebut (Xu et al., 2024; Liu et al., 2024). Struktur MRF dengan bentang balok yang lebar (tanpa pengaku) dapat mengalami deformasi yang cukup besar, yang menjadikan sistem ini memiliki daktilitas lebih tinggi dibandingkan dengan jenis portal baja tahan gempa lainnya. Walaupun sistem ini memiliki deformasi yang relatif besar, kekakuannya cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan portal baja tahan gempa lainnya (Tsutsumi et al., 2024; Putu & Dharma, 2014; Gunasti & Surya, 2024).

Perbedaan utama antara sistem struktur portal MRF dan CBF (Concentrically Braced Frames) terletak pada kemampuan keduanya dalam menghadapi beban lateral. CBF merupakan sistem struktur dengan kekakuan yang tinggi, yang membuatnya lebih efektif dalam menahan beban lateral. Kekakuan ini berasal dari elemen bresing diagonal yang berperan dalam menahan beban lateral yang bekerja pada struktur (Putu & Dharma, 2014; Yar & Tsang, 2024). Elemen bresing tersebut dirancang untuk dapat mengalami deformasi inelastik yang cukup besar tanpa menyebabkan penurunan signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur.

Elemen bresing pada struktur CBF berguna dalam meningkatkan kekakuan struktur karena dengan keberadaan bresing pada struktur, diharapkan deformasi struktur yang terjadi akan menjadi menurun sehingga kekakuan strukturnya semakin meningkat.

Berdasarkan uraian pendahuluan, melalui studi ini dilakukan analisis terhadap simpangan yang terjadi pada bangunan gedung struktur gedung baja tingkat tinggi dengan berbagai variasi konfigurasi bresing kosentrik.

METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan pada struktur gedung komposit (balok baja dan lantai beton) 10 lantai dengan berbagai jenis/variasi serta posisi penempatan bresing konsentrik. Sebagai pembanding, analisis juga dilakukan pada struktur MRF. Struktur dimodelkan dalam bentuk 3D menggunakan perangkat lunak analisis rekayasa struktur, dengan tujuan utama untuk menganalisis pengaruh konfigurasi bresing terhadap nilai simpangan struktur yang dihasilkan. Tentunya struktur dibebani dengan berbagai jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut, terdiri dari beban sendiri struktur bangunan, beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa.

Dimensi elemen struktur baja yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Dimensi Elemen Struktur Balok dan Kolom

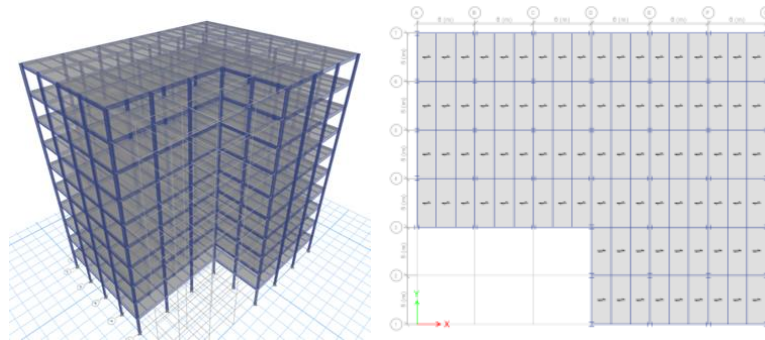
Lantai	Balok Induk		Balok Anak	Kolom
	Bentang 6000 mm	Bentang 5000 mm	Bentang 5000 mm	
1 sd 5	IWF 500x300x11x18	IWF 500x300x11x18	IWF 250x175x7x11	H 400x400x45x70
6 sd 10	IWF 450x300x10x15	IWF 450x300x10x15	IWF 200x150x6x9	H 400x400x30x50

Sumber: sumberdata, (tahun)

Tabel 2. Dimensi Elemen Struktur Bresing Kosentrik

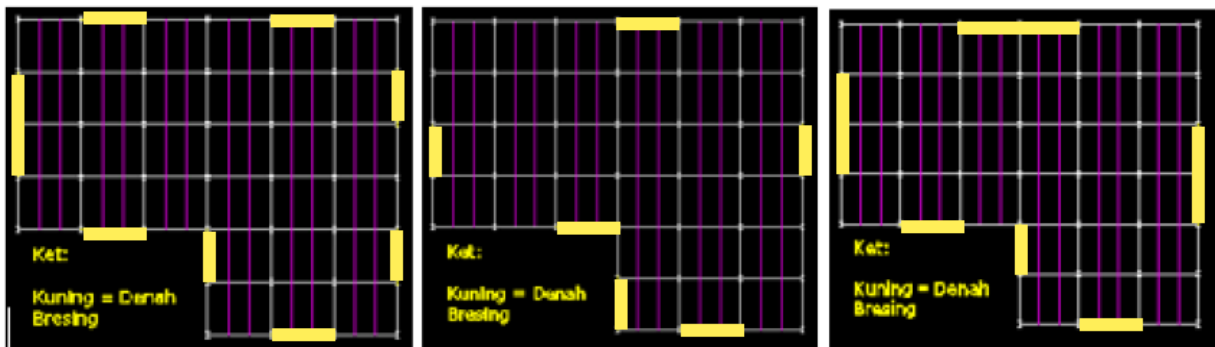
Lantai	Bresing	
	Bentang 6000 mm	Bentang 5000 mm
1 sd 10	IWF 350x250x9x14	IWF 350x250x9x14

Sumber: sumberdata, (tahun)



Gambar 1. Denah Tipikal Struktur MRF

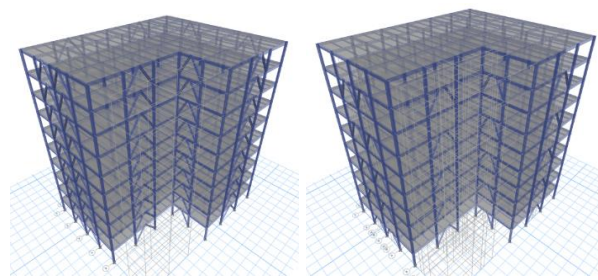
Sumber: Data Olahan, (2024)



Gambar 2. Variasi Denah Tipikal Posisi Bresing Arah Horizontal Model A, B, dan C

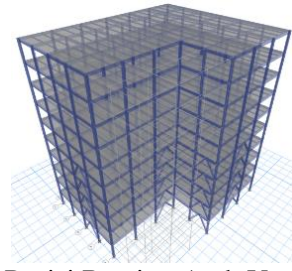
Sumber: Data Olahan, (2024)

Setiap denah bresing arah horizontal Model A, B, dan C dirancang dengan 3 variasi konfigurasi bresing yang berbeda, yang masing-masing modelnya dapat dilihat pada denah bresing arah vertikal (Gambar 3), hal ini memungkinkan fleksibilitas dalam pemilihan tata letak bresing. Dengan demikian, maka total variasi konfigurasi bresing yang dianalisis mencapai 9 variasi, yang mana hal ini dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pengaruh setiap konfigurasi terhadap performa struktur secara keseluruhan. Adapun 9 variasi konfigurasi bresing tersebut terdiri dari model A CBF F, A CBF SS, A CBF 5, B CBF F, B CBF SS, B CBF 5, C CBF F, C CBF SS, C CBF 5.



Gambar 3. Variasi Denah Posisi Bresing Arah Vertikal (Full: F, Selang Seling: SS)

Sumber: Data Olahan, (2024)



Gambar 4. Variasi Denah Posisi Bresing Arah Vertikal (5 Lantai Terbawah: 5)
Sumber: Data Olahan, (2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum data perencanaan yang digunakan:

Fungsi Struktur	: Gedung Hotel
Material	: Komposit (Baja dan Beton)
Mutu baja	: $F_y = 345 \text{ MPa}$ $F_u = 450 \text{ MPa}$
Mutu beton	: 30 MPa
Tebal pelat lantai	: 13 Cm
Tebal pelat lantai atap	: 10 Cm
Fungsi bangunan	: Gedung Hotel
Kategori resiko	: II
Faktor keutamaan gempa, I_e	: 1
Lokasi	: Kota Padang
Jenis tanah	: Tanah Sedang
Kategori desain seismik	: D

Sistem pemikul gaya seismik dari Rangka Baja dan Beton Komposit Pemikul Momen Khusus (A), Rangka Baja dan Beton Komposit dengan Bresing Konsentris (B).

Tabel 3. Parameter Seismik

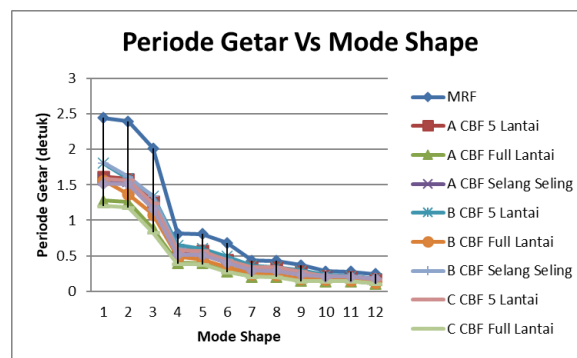
Parameter Seismik	A	B
R	8	6
Ω	3	2.5
Cd	5.5	5
Cu	1.4	1.4
Ct	0.0724	0.0488
x	0.8	0.7

Sumber: Data Olahan, (2024)

Periode getar alami suatu struktur merupakan salah satu parameter penting yang perlu diketahui sebagai dasar dalam perancangan gaya gempa yang akan diterapkan pada struktur tersebut. Informasi ini berguna untuk memastikan struktur dapat menahan beban gempa dengan aman.

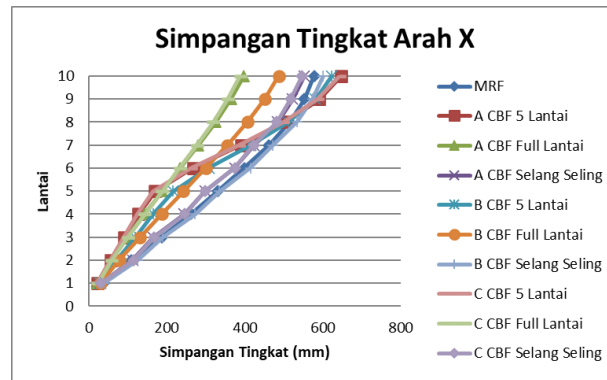
Berdasarkan Gambar 5, periode getar alami terkecil ditemukan pada Struktur C CBF F, yaitu sebesar 1.202 detik, sedangkan periode getar alami terbesar ditemukan pada Struktur MRF dengan nilai 2.445 detik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai periode getar alami, semakin kaku suatu struktur tersebut, yang berarti struktur tersebut memiliki kemampuan untuk merespons beban gempa dengan lebih sedikit pergerakan. Sebaliknya, struktur dengan periode getar alami yang lebih besar cenderung lebih fleksibel dan dapat mengalami pergerakan lebih besar saat terjadi gempa.

Kecilnya nilai periode getar yang terjadi pada struktur C CBF F disebabkan oleh peran dari fungsi bresing kosentrik yang dirancang untuk memberikan kekakuan lebih pada struktur. Bresing kosentrik ini berfungsi dengan cara menambah daya tahan terhadap gaya horizontal, sehingga mengurangi pergerakan struktur akibat gempa, membuat periode getarnya menjadi lebih kecil. Hal ini berbeda dengan penggunaan struktur MRF, yang lebih fleksibel dalam merespons gaya lateral. Struktur MRF memang didesain khusus untuk menahan momen dengan efisien, sehingga memberikan tingkat kelenturan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem bresing kosentrik. Oleh karena itu, semakin tinggi struktur MRF, semakin besar pula periode getar alami yang terjadi. Ini karena struktur MRF, yang memiliki fleksibilitas lebih, memungkinkan pergerakan lebih besar ketika menerima gaya gempa, yang berujung pada periode getar yang lebih panjang. Dengan demikian, perbedaan desain pada masing-masing tipe struktur memengaruhi karakteristik getarannya, dan ini menjadi pertimbangan penting dalam perancangan struktural yang dapat menahan gaya gempa secara efektif.



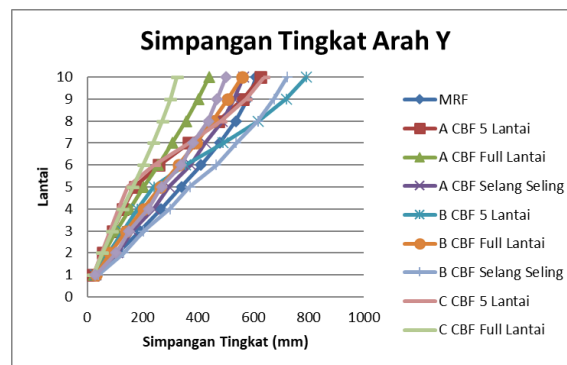
Gambar 5. Periode Getar Vs Mode Shape
Sumber: Data Olahan, (2024)

Berdasarkan Gambar 6, simpangan tingkat struktur pada arah X terbesar terjadi pada struktur A CBF 5, dengan nilai tertinggi tercatat di lantai 10 sebesar 647.545 mm. Sesuai dengan teori dasar yang berlaku, struktur ini menunjukkan pergerakan yang lebih besar akibat kurangnya kekakuan dibandingkan struktur lainnya. Sebaliknya, simpangan tingkat struktur arah X terkecil terjadi pada struktur tipe A CBF F, dengan nilai simpangan terkecil di lantai 1 sebesar 22.400 mm. Hal ini dapat dipahami mengingat penggunaan konfigurasi bresing penuh pada setiap lantai, yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur secara keseluruhan, sehingga mengurangi pergerakan atau simpangan yang terjadi pada struktur tersebut.

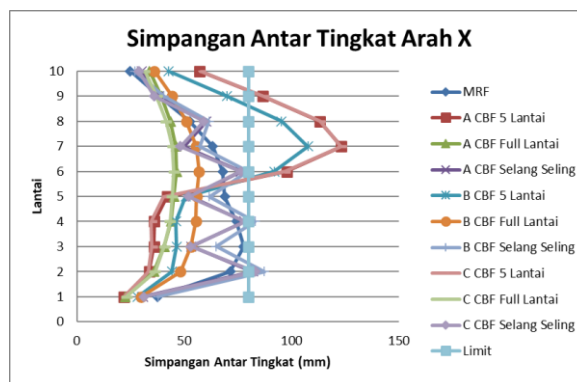


Gambar 6. Kurva Simoangan Tingkat Arah X
 Sumber: Data Olahan, (2024)

Gambar 7 menunjukkan kurva yang menggambarkan simpangan tingkat struktur pada arah Y. Simpangan tingkat terbesar pada arah Y terjadi pada Struktur B CBF SS, yang tercatat di lantai 10 dengan nilai sebesar 722.380 mm, hal ini sedikit lebih besar dibandingkan simpangan pada Struktur A CBF 5 di arah X. Sementara itu, pada Struktur C CBF 5, simpangan tingkat terkecil pada arah Y tercatat sebesar 20.865 mm, yang sedikit lebih kecil jika dibandingkan dengan simpangan pada Struktur A CBF F di arah X.



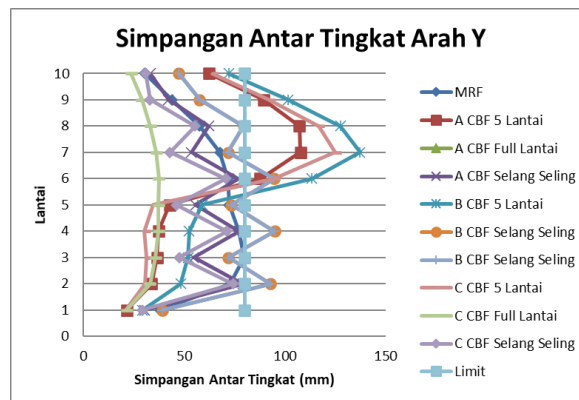
Gambar 7. Kurva Simpangan Tingkat Arah Y
 Sumber: Data Olahan, (2024)



Gambar 8. Kurva Simpangan Antar Tingkat Arah X
 Sumber: Data Olahan, (2024)

Kurva simpangan antar tingkat yang terjadi pada arah X, dapat dilihat pada Gambar 8, sangat banyak ditemukan lantai yang melewati limit/batas simpangan antar tingkat yang diizinkan. Batas maksimum simpangan antar tingkat yang diizinkan adalah sebesar 80 mm. Struktur yang

melebihi batas simpangan izin tersebut meliputi Struktur A CBF 5, B CBF 5, B CBF SS, C CBF 5, dan C CBF SS. Sementara itu, struktur yang tetap berada dalam batas izin simpangan terdiri dari Struktur MRF, A CBF F, A CBF SS, B CBF 5, B CBF F, dan C CBF 5.



Gambar 9. Kurva Simpangan Antar Tingkat Arah Y
Sumber: Data Olahan, (2024)

Berdasarkan Gambar 9, pada arah Y terlihat bahwa struktur A CBF 5, B CBF 5, B CBS SS, dan C CBF SS melewati simpangan antar tingkat izin. Sementara itu, struktur MRF, A CBF F, A CBF SS, B CBF F, C CBF F, dan C CBF SS tidak melewati batas izin.

Untuk struktur yang melewati batas simpangan antar tingkat izin tidak dianalisis lagi pada tahapan proses analisis selanjutnya, dikarenakan tidak memenuhi kriteria desain. Hal ini dikarenakan jika struktur melewati batas izin simpangan antar tingkat dapat menyebabkan kegagalan struktur atau kerusakan yang membahayakan keselamatan.

Jika diperhatikan pada arah X dan Y, tidak ada arah yang boleh melebihi batas izin simpangan antar tingkat. Apabila terdapat satu arah saja yang melampaui batas tersebut, maka desain tidak dapat dilanjutkan. Struktur yang tidak melewati batas izin simpangan antar tingkat pada arah X dan Y adalah struktur MRF, A CBF F, B CBF F, dan C CBF F.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari studi kasus ini adalah:

1. Terdapat 10 pemodelan struktur yang dianalisis, yaitu Struktur MRF, A CBF F, A CBF SS, A CBF 5, B CBF F, B CBF SS, B CBF 5, C CBF F, C CBF SS, dan C CBF 5. Dari keseluruhan struktur tersebut, hanya ada 4 struktur yang tidak melebihi batas izin simpangan antar tingkat, yaitu Struktur MRF, A CBF F, B CBF F, dan C CBF F. Selain keempat struktur tersebut, struktur lainnya dinyatakan tidak memenuhi syarat batas izin simpangan antar tingkat, sehingga tidak layak untuk dilanjutkan dalam desain.
2. Dari struktur MRF, A CBF F, B CBF F, dan C CBF F, dapat disimpulkan bahwa denah posisi bresing vertikal yang optimal untuk simpangan antar lantai adalah dengan menggunakan bresing konsentrik penuh dari lantai bawah hingga lantai atas, yaitu denah vertikal Full; F. Hal ini disebabkan oleh posisi bresing yang terpasang secara penuh di setiap lantai, yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur secara global.
3. Jika dibandingkan dengan struktur MRF, struktur A CBF F, B CBF F, dan C CBF F cenderung memiliki nilai simpangan antar tingkat yang lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh keberadaan bresing yang berperan dalam mengurangi simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterimakasih kepada pihak-pihak terkait yang sudah ikut serta dalam membantu proses studi penelitian ini dari awal sampai selesai, baik secara moril ataupun materil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrousan, R. Z., & Alnemrawi, B. R. (2022). Results in Engineering The behavior of alkali-silica reaction-damaged full-scale concrete bridge deck slabs reinforced with CFRP bars. *Results in Engineering*, 16(July), 100651. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100651>
- Ciabattoni, M., Petrini, F., & Pampanin, S. (2024). *Multi-hazard design of low-damage high-rise steel – timber buildings subjected to wind and earthquake loading*. 303(December 2023).
- Gunasti, A., & Surya, A. (2024). Case Studies in Construction Materials Utilization of bamboo for concrete columns in earthquake-resistant simple houses in Indonesia. *Case Studies in Construction Materials*, 20(January), e02941. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02941>
- Jongvivatsakul, P., Thongchom, C., & Mathuros, A. (2022). Case Studies in Construction Materials Enhancing bonding behavior between carbon fiber-reinforced polymer plates and concrete using carbon nanotube reinforced epoxy composites. *Case Studies in Construction Materials*, 17(June), e01407. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01407>
- Liu, Y., Wang, Z., & Zhang, X. (2024). Estimating the final fatalities using early reported death count from the 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, M S 8.0 – 7.9 earthquake doublet and revising the estimates over time. *Earthquake Research Advances*, August, 100331. <https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2024.100331>
- Putu, I. G., & Dharma, M. (2014). State-of-the-Art Report on Partially-Prestressed Concrete Earthquake-Resistant Building Structures for Highly-Seismic Region. *Procedia Engineering*, 95(Scescm), 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.164>
- Smith, P. J., Fairclough, J. P. A., & Mumtaz, K. (2022). *Additive manufacturing of high density carbon fibre reinforced polymer composites*. 58(April), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103044>
- Song, G., Zhang, C., Chen, X., & Zheng, D. (2021). Galvanic activity of carbon fiber reinforced polymers and electrochemical behavior of carbon fiber. *Corrosion Communications*, 1, 26–39. <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2021.05.003>
- Tsutsumi, T., Fukuyama, K., Kishimoto, K., Mori, Y., Sugiyama, O., Yamamoto, G., Kurata, M., Hiroaki, U., Saito, K., Kuroda, T., & Ohtsuru, S. (2024). based on the results of a shaking table experiment. *BJA Open*, 11(June), 100301. <https://doi.org/10.1016/j.bjao.2024.100301>
- Xu, X., Wang, Q., Ren, J., Li, K., Yao, Q., Xu, C., Li, Y., An, Y., & Cheng, J. (2024). *Earthquake Research Advances*, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.eqrea.2024.100326>
- Yar, A., & Tsang, H. (2024). Resources, Conservation & Recycling A comparative life cycle assessment of recycled tire rubber applications in sustainable earthquake-resistant construction. *Resources, Conservation & Recycling*, 211(December 2023), 107860. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107860>
- 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan nongedung (SNI 1726:2019), Jakarta, Badan Standarisasi Nasional (BSN)
- 2020, Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2020), Jakarta, Badan Standarisasi Nasional (BSN)

Budiono, B., & Malau, R. P. (2013). Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Gedung Asimetris dengan Dinding Geser Nonparalel Sebagai Sistem Pengekangan Torsi. *Jurnal Teknik Sipil*, 173

Dewobroto, W. (2016). *Struktur Baja*. Universitas Pelita Harapan.