

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis numerik terhadap struktur beton bertulang 8 lantai dengan beberapa variasi penempatan *Buckling Restrained Brace* (BRB) menggunakan metode analisis riwayat waktu (*time history*), diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh BRB terhadap IDR

- Struktur tanpa *bracing* yaitu *Baseline* mengalami IDR maksimum 3,175%, melebihi batas ambang 2% menurut ASCE 7-16.
- Penambahan BRB terbukti mampu menurunkan nilai IDR secara signifikan.
- Variasi *Hybrid* menghasilkan IDR rata-rata paling rendah (1,056%) dan distribusi simpangan antar lantai yang paling merata.

2. Disipasi Energi Struktur

- Variasi *Hybrid* memiliki disipasi energi tertinggi sebesar 12.212,40 kN.m, lebih besar dibanding variasi lainnya.
- *Baseline* dan *Mid Bay* dan Perimeter mampu meningkatkan disipasi energi, namun nilainya lebih rendah, masing-masing sebesar 1.302,40 kN.m, 7.932,07 kN.m dan 6.561,18 kN.m.

- Hal ini menunjukkan bahwa distribusi *bracing* yang merata lebih efektif dalam menyerap energi gempa.

3. *Residual drift*

- *Residual drift* terkecil diperoleh pada variasi *Hybrid*, yaitu kurang dari 0,15% pada seluruh lantai.
- Variasi *Mid Bay* dan Perimeter menunjukkan *residual drift* yang lebih tinggi (hingga 0,35%).

4. Kinerja Seismik Optimal

- Dari seluruh variasi yang dianalisis, variasi *Hybrid* merupakan strategi penempatan BRB yang paling efektif karena mampu:
 - a) Mengurangi IDR hingga di bawah batas aman.
 - b) Menyerap energi gempa paling besar.
 - c) Meminimalkan *residual drift*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, maka beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan penerapan praktis adalah sebagai berikut :

- Menguji variasi *bracing* lain seperti kombinasi perimeter + portal tengah atau pola diagonal silang penuh (X-pattern) agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif.

- Menggunakan variasi input gempa dengan intensitas dan durasi berbeda untuk menilai robustnes sistem.
- Mempertimbangkan analisis nonlinier pushover sebagai pelengkap untuk menilai kapasitas ultimit struktur.
- Untuk perencanaan praktis, penempatan BRB sebaiknya dilakukan secara merata (*Hybrid/perimeter*) agar distribusi kekakuan dan energi lebih optimal. Penggunaan *bracing* hanya pada lantai bawah (*soft story*) sebaiknya dihindari karena dapat menimbulkan konsentrasi deformasi pada lantai atas.
- Untuk pengembangan model, dapat dipertimbangkan pemodelan yang lebih realistis dengan memperhitungkan ketidakpastian material, retak pada beton, serta efek $P-\Delta$ untuk mendapatkan hasil yang lebih mendekati kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Tayyaba, S., dan Ashraf, M. W. (2016). Effect of buckling restrained braces locations on seismic responses of high-rise RC core wall buildings. *Shock and Vibration*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6808137>
- American Institute of Steel Construction. (2016). *Seismic provisions for structural steel buildings (ANSI/AISC 341-16)*. American Institute of Steel Construction.
- Badoux, M., dan Jirsa, J. O. (1990). Steel bracing of RC frames for seismic retrofitting. *Journal of Structural Engineering*.
- Bahrami, A. (2021). Study of eccentric and buckling-restrained bracing systems used in frames. *Journal of Civil, Construction and Environmental Engineering*, 6(4), 120–126. <https://doi.org/10.11648/j.jccee.20210604.13>
- Bohara, B. K., Ganaie, K. H., dan Saha, P. (2022). Effect of position of steel bracing in L-shape reinforced concrete buildings under lateral loading. *Research on Engineering Structures and Materials*, 8(1), 155–177. <https://doi.org/10.17515/resm2021.295st0519>
- Bose, M., dan Ghosh, G. (2025). Effect of location and types of bracing on the seismic performance of an unsymmetrical building. *Procedia Structural Integrity*, 70, 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2025.07.036>
- Cari, K. C., Tripriyo, D., dan Bramantoro, A. (2023). Pengaruh bentuk bracing eksentris pada struktur gedung baja terhadap kinerja struktur dengan analisis gempa respon spektrum. *Composite: Journal of Civil Engineering*, 2, 25–32.

- Chadhar, S., dan Sharma, A. (2015). Seismic analysis of multistorey steel building with different types of bracing systems. *International Journal of Engineering Research dan Technology (IJERT)*, 4(9), 1–6.
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (4th ed.). Prentice Hall.
- Faizi, S. A., Yoshitomi, S., dan Faizi, A. (2016). *Optimal placement of Buckling-Restrained Braces in reinforced concrete building structures*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22702.82247>
- Federal Emergency Management Agency. (2003). *NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450)*. Federal Emergency Management Agency.
- Feng, Y., Wu, J., Wang, C., & Meng, S. (2016). *Elastic displacement spectrum-based design approach for buckling-restrained braced frames*. *Journal of Earthquake Engineering*, 20(6), 841–860.
- López, W. A., dan Sabelli, R. (2004). *Seismic design of Buckling-Restrained Brace frames*. Structural Steel Educational Council.
- Mahoney, M., dan Hanson, R. D. (2018). *Seismic performance assessment of buildings: Volume 1—Methodology* (2nd ed.). Applied Technology Council.
- McCormick, J., Aburano, H., Ikenaga, M., dan Nakashima, M. (2008). *Permissible residual deformation levels for building structures considering both safety and*

human elements. Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.

Moehle, J. P. (2015). *Seismic design of reinforced concrete buildings*. McGraw-Hill Education.

Nandy, A. K., & Jog, C. S. (2014). Conservation properties of the trapezoidal rule in linear time domain analysis of acoustics and structures. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1401.0991>

Razzaghi, S. A. S., dan Hatami, H. R. (2019). Evaluating the performance of *Buckling-Restrained Braces* in tall buildings with peripherally Brace frames. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, 7(2), 21–39. <https://doi.org/10.22075/JRCE.2018.12407.1213>

Repadi, J. A., Sunaryati, J., dan Thamrin, R. (2016). Analisis kinerja struktur beton bertulang dengan variasi penempatan bracing inverted V. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 12(2), 1–10.

Sabelli, R., Mahin, S., dan Chang, C. (2003). Seismic demands on steel Brace frame buildings with *Buckling-Restrained Braces*. *Engineering Structures*, 25(5), 655–666. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(02\)00175-X](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00175-X)

United States Geological Survey. (2022). *Earthquake glossary*. United States Geological Survey.

U.S. Geological Survey. (2025). *U.S. Geological Survey*. U.S. United States Geological Survey.

Zona, A., dan Dall'Asta, A. (2012). Elastoplastic model for steel *Buckling-Restrained Braces*. *Journal of Constructional Steel Research*, 68(1), 118–125.
<https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2011.07.017>

