

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi menjadi salah satu bencana alam yang sering terjadi dan sangat berpotensi menyebabkan kerusakan yang besar pada daerah yang terdampak. Bencana alam gempa bumi disebabkan karena bumi memiliki empat lapisan utama: inti dalam, inti luar, mantel, dan kerak. Kerak dan bagian atas mantel membentuk lapisan tipis di permukaan planet kita. Namun kulit ini tidak semuanya dalam satu bagian melainkan terdiri dari banyak bagian seperti puzzle yang menutupi permukaan bumi. Tidak hanya itu, potongan-potongan puzzle ini terus bergerak perlahan, meluncur melewati satu sama lain dan bertabrakan satu sama lain. Kita menyebut potongan-potongan puzzle ini lempeng tektonik, dan tepi lempeng disebut batas lempeng. Batas lempeng terdiri dari banyak patahan, dan sebagian besar gempa bumi di seluruh dunia terjadi pada patahan ini. Karena tepi lempeng kasar, mereka macet sementara lempeng lainnya terus bergerak. Akhirnya, ketika lempeng telah bergerak cukup jauh, tepinya terlepas pada salah satu patahan dan terjadilah gempa bumi (U.S. Geological Survey, 2025). Dari pengertian yang ada gempa bumi memiliki potensi dan daya rusak yang besar, terlebih jika gempa terjadi di daerah padat penduduk dan banyak infrastruktur. Daerah perkotaan yang memiliki banyak bangunan gedung dan infrastruktur tentunya memiliki risiko sangat tinggi mengalami kerusakan dan kerugian besar dari terjadinya bencana

alam gempa tersebut. Tentunya bangunan seperti gedung yang terdapat di daerah rawan terjadi gempa harus memiliki spesifikasi tahan gempa untuk mencegah dan meminimalisir kerusakan bangunan akibat dari gempa bumi yang terjadi.

Pada struktur bangunan terdapat banyak teknologi yang bisa digunakan untuk meminimalisir kerusakan pada struktur gedung akibat gempa bumi, salah satunya *bracing*. *Bracing* pada struktur bangunan merupakan teknologi mitigasi gempa untuk struktur sebuah bangunan. *Bracing* adalah pengaku atau pengikat pada suatu struktur bangunan baja yang digunakan untuk menahan gaya gempa, sehingga dapat mencegah simpangan berlebih pada struktur bangunan (Cari et al. 2023). Terdapat banyak jenis *bracing* yang ada, salah satunya *Buckling Restrained Brace* (BRB), merupakan *bracing* yang dirancang untuk menghindari tekuk dengan menggunakan inti baja yang dikekang oleh material pembatas, sehingga mampu menahan gaya tarik dan tekan secara optimal serta memiliki disipasi energi yang lebih baik. *Bracing* tersebut merupakan teknologi mitigasi gempa pada struktur bangunan yang bisa digunakan sehingga dapat mengurangi beban lateral, simpangan antar lantai, dan menambah kekakuan pada struktur, sehingga meminimalisir kerusakan bangunan gedung akibat bencana gempa bumi. Akan tetapi, kinerja struktur yang diperkuat oleh *bracing* bisa dipengaruhi oleh peletakan *bracing*. Bohara et al. (2022), melaporkan bahwa lokasi dan jenis *bracing* memengaruhi respon seismik bangunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis *bracing* serta peletakan *bracing* pada posisi strategis dapat menurunkan simpangan antar

lantai (*interstory drift*) dan meningkatkan disipasi energi secara signifikan. Penelitian Bose dan Ghosh. (2025), pada bangunan beton bertulang berbentuk *L-shape* memperlihatkan bahwa perbedaan posisi *bracing* menghasilkan performa seismik yang berbeda. Struktur tanpa *bracing* menunjukkan *drift* paling besar, sedangkan *bracing* di seluruh lantai mampu mengurangi *displacement* secara merata dan meningkatkan kapasitas base shear. Sebaliknya, *bracing* yang hanya ditempatkan di lantai tertentu (misalnya hanya di lantai dasar atau tengah) menciptakan konsentrasi kekakuan yang dapat memperburuk distribusi *drift*. Hal ini menegaskan bahwa penempatan *bracing* tidak hanya menambah kekakuan, tetapi juga menentukan distribusi gaya gempa pada struktur beton bertulang. Hal ini menunjukkan bahwa variasi pada posisi *bracing* secara signifikan memperbaiki kinerja struktur, terutama dalam mengurangi simpangan dan meningkatkan kekakuan serta stabilitas. dari kedua *bracing* tersebut memiliki performa yang berbeda dalam menahan beban gempa.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan variasi posisi BRB terhadap kinerja seismik ketika BRB diaplikasikan pada struktur beton bertulang, melalui pendekatan numerik menggunakan perangkat lunak analisis struktur *SeismoStruct*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi perencanaan struktur tahan gempa yang lebih optimal di wilayah rawan gempa seperti Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi peletakan *bracing* jenis BRB yaitu *Mid Bay bracing*, *perimeter bracing*, dan *Hybrid (Mid Bay + perimeter)* terhadap simpangan antar lantai (*interstory drift ratio/IDR*) berdasarkan analisis *time history* gempa?
2. Variasi peletakan BRB manakah yang menghasilkan kurva histeresis paling stabil serta kapasitas disipasi energi tertinggi dalam analisis dinamik nonlinier?
3. Variasi peletakan BRB manakah yang memberikan *Residual drift* terkecil?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas struktur gedung bertingkat menggunakan material beton bertulang, tanpa mempertimbangkan sistem struktur baja atau campuran.
2. Jenis *bracing* yang dianalisis terbatas pada *Buckling-Restrained Brace* (BRB) tipe diagonal dengan 3 variasi peletakan *Mid Bay bracing*, *perimeter bracing*, dan *Hybrid (Mid Bay + perimeter)* dengan jumlah BRB yang terpasang sama yaitu 32 batang.

3. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan numerik berbasis perangkat lunak *SeismoStruct*, tanpa validasi eksperimental atau uji laboratorium.
4. Input gempa menggunakan rekaman gempa kobe, Jepang (16 Januari 1995, Mw 6.9) dari *Strong-Motion Virtual Data Center* (VDC) yang dikelola oleh CESMD (*Center for Engineering Strong Motion Data*).
5. Elemen non-struktural, beban gempa vertikal, serta efek interaksi tanah-struktur tidak dipertimbangkan dalam model.

1.4 Keaslian Penelitian

Penelitian yang berjudul “Studi Numerik Perbandingan Peletakan *Buckling-Restrained Braces* terhadap Perilaku Dinamik Gempa pada Struktur Beton Bertulang” belum pernah dilakukan secara spesifik, namun terdapat penelitian terdahulu yang membahas perbandingan variasi peletakan BRB pada struktur beton bertulang. Berikut adalah perbedaan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu:

1. Hasil penelitian Repadi, Sunaryati dan Thamrin. (2016) : Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan Variasi Penempatan Bracing Inverted V
 - Fokus: Pengaruh variasi penempatan *inverted V steel bracing* pada gedung RC 4 lantai, analisis pushover di ETABS.
 - Hasil: *Inverted V bracing* mampu mengurangi *displacement* hingga 42% dan meningkatkan daktilitas.

- Keterbatasan: Tidak disebutkan secara eksplisit penggunaan jenis *bracing*, skala maksimum 4 lantai, hanya analisis pushover, dan tidak membahas energi disipasi siklik secara rinci.
2. Hasil penelitian Faizi dan Yoshitomi. (2016) *Optimal Placement Of Buckling Restrained Braces In Reinforced Concrete Building Structures*.
- Fokus: Mengembangkan algoritma untuk menentukan penempatan optimal BRB untuk meminimalkan peak *interstory drift* pada gedung RC 5 lantai.
 - Model Studi: Gedung RC simetris 5 lantai, material beton 30 Mpa, tulangan baja 400 Mpa. Setiap model kandidat menggunakan jumlah dan sifat material BRB identik, sehingga kekakuan global struktur seragam dan perbedaan respon hanya berasal dari lokasi *bracing*.
 - Hasil: Variasi optimal menempatkan BRB pada lantai 1, 2, dan 5, mengurangi peak *drift* -23% dibandingkan variasi seragam atau acak.
 - Keterbatasan: Tidak ada analisis kurva histeresis – energi disipasi siklik dan perilaku pasca – elastis tidak dieksplorasi.
3. Hasil penelitian Bohara, Ganaie dan Saha. (2022) *Effect of Position of Steel Bracing in L-Shape RC Buildings under lateral loading*:

- Fokus: Pengaruh posisi pemasangan *inverted V steel bracing* pada gedung RC berbentuk L (irregular plan).
- Model Studi : Gedung RC 6 lantai berbentuk L, 12 model variasi *bracing* (parsial dan simetris) dianalisis dengan Response Spectrum Analysis di ETABS.
- Hasil: *Bracing* simetris di dua arah mampu mengurangi *displacement* hingga $\pm 50\%$ dibandingkan tanpa *bracing*, menurunkan *inter-story drift* hingga di bawah batas kode, dan meningkatkan stiffness sampai 8 kali lipat. *Bracing* parsial justru menimbulkan *torsional irregularity* berlebih dan memperburuk distribusi *drift*.
- Keterbatasan: Analisis hanya menggunakan metode linear dinamik (RSA), tidak mencakup analisis nonlinear pushover atau *time history*. Koneksi baja-beton juga tidak dimodelkan detail.

4. Hasil penelitian Bose dan Ghosh. (2025) *Effect of location and types of bracing on the seismic performance of an unsymmetrical building*

- Fokus: Menilai pengaruh lokasi dan tipe *bracing* baja (X, V, dan Eccentric) pada gedung RC 6 lantai berbentuk L (unsymmetrical) terhadap performa seismik dengan berbagai metode analisis.
- Model Studi : Gedung RC L-shape (G+5 lantai) di zona seismik V (India). Lima model: tanpa *bracing*, *bracing* alternatif di semua sisi, *bracing* di re-entrant corners, serta modifikasi dengan V-brace

dan eccentric brace. Analisis: *Linear Static*, *Response Spectrum (RSA)*, dan *Time history analysis (THA)* dengan 3 data gempa (Whittier Narrows, Imperial Valley, Bhuj).

- Hasil: Base shear meningkat signifikan dengan *bracing* (*X-bracing* +98%, *V-bracing* +90%, *eccentric* +79% dibanding tanpa *bracing*). *Displacement* dan *drift* menurun: *X-bracing* paling efektif (reduksi *displacement* $\approx 63\%$, *drift* seragam di bawah batas kode). *Story stiffness* meningkat drastis (*X-bracing* +93%, *V-bracing* +86%, *eccentric* +75%). *Bracing* alternatif di semua sisi (L2) paling optimal karena mengurangi *drift* sekaligus meningkatkan kekakuan.
- Keterbatasan: Studi terbatas pada gedung *L-shape* 6 lantai dengan material tertentu. Hanya tiga data gempa dipakai, generalisasi terbatas. Tidak membahas perilaku pasca-elastis jangka panjang dan degradasi energi siklik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi komprehensif kepada insinyur, peneliti, dan akademisi mengenai efektivitas variasi penempatan sistem *Buckling-Restrained Brace* (BRB) dalam meningkatkan kinerja seismik struktur beton bertulang.

2. Menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan skema penempatan BRB optimal sesuai karakteristik dan kondisi struktur beton bertulang di wilayah rawan gempa.
3. Mendukung pengembangan desain struktur tahan gempa yang lebih efisien, aman, dan sesuai dengan prinsip mitigasi risiko bencana gempa bumi di Indonesia.

1.6 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi perbedaan simpangan antar lantai (*interstory drift ratio*) pada tiap variasi peletakan BRB berdasarkan *time history analysis* gempa.
2. Membandingkan pola kurva histeresis dan kapasitas disipasi energi dari setiap variasi peletakan BRB.
3. Membandingkan nilai *Residual drift* dari setiap variasi peletakan BRB.