

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dinding geser (*shearwall*) adalah struktur penting dalam bangunan bertingkat, terutama di daerah rawan gempa seperti Indonesia. Letak Indonesia di wilayah *Ring of Fire*, membuat gempa sering terjadi, sehingga bangunan perlu didesain agar tidak mudah roboh atau rusak saat gempa. *Shearwall* berfungsi seperti tulang punggung yang menahan guncangan dari gempa. Selain memperkuat struktur, dinding ini juga mengurangi goyangan antar lantai, melindungi bagian-bagian non-struktural seperti dinding partisi, kaca, atau instalasi listrik agar tidak retak atau patah. Dengan kata lain, *shearwall* tidak hanya menyelamatkan nyawa, tetapi juga meminimalkan kerusakan properti saat bencana terjadi.

Meski memiliki fungsi serupa, *shearwall* tidak didesain dengan bentuk yang sama. Perbandingan tinggi dan lebar dinding menentukan cara kerjanya saat menghadapi gempa. Klasifikasi *shearwall* berdasarkan rasio tinggi terhadap lebar (h/l) membaginya menjadi dua kategori diantaranya *slender shearwall* (langsing) dengan $h/l > 3$ dan *squat shearwall* (pendek) dengan $h/l < 1,5$ sesuai standar ASCE 41-17 (Sattar dkk., 2022). Perbedaan geometri ini menyebabkan variasi perilaku struktural yang signifikan, dimana *slender shearwall* cenderung didominasi respons lentur (*flexural-dominated*), sedangkan *squat shearwall* lebih dipengaruhi oleh respons geser (*shear-dominated*).

Penelitian mengenai kedua tipe *shearwall* ini telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Loa dkk. (2022) melakukan studi eksperimental dan pemodelan numerik pada *slender shearwall* dengan tulangan lapisan tunggal, menghasilkan data penting tentang kapasitas beban

lateral dan mode kegagalan dinding dengan konfigurasi penulangan minimal untuk aplikasi di Peru. Sejalan dengan itu, Robazza (2019) dalam investigasi eksperimental dan numeriknya terhadap *masonry slender shearwall* yang daktail, menemukan bahwa geometri dinding sangat mempengaruhi kapasitas deformasi lateral dan disipasi energi. Studi oleh Cheng dan Zhang (2021) memperdalam pemahaman tentang *slender shearwall* yang mengalami kombinasi tarik aksial dan lentur, menemukan bahwa interaksi kedua gaya ini secara signifikan mengurangi kapasitas deformasi lateral.

Sharifi dan Shafieian (2018) melalui analisis statistik kekakuan efektif *shearwall* menemukan bahwa parameter geometri memiliki pengaruh dominan terhadap kekakuan struktur, dengan *squat shearwall* menunjukkan degradasi kekakuan yang lebih cepat dibandingkan *slender shearwall*. Sementara itu, studi komprehensif oleh Habib dkk. (2025) mengenai perilaku seismik *squat shearwall* mengungkapkan bahwa *squat shearwall* memiliki mekanisme keruntuhan dan karakteristik disipasi energi yang unik, dengan kerentanan terhadap retak diagonal dan kapasitas daktilitas yang lebih rendah. Penelitian Thomsen IV dan Wallace (2004) juga mengungkapkan bahwa perbedaan geometri memengaruhi mekanisme keruntuhan dan respons dinamik struktur. Paulay dan Priestly (1992) dalam literatur "*Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*" menegaskan pentingnya pemahaman mendalam terhadap karakteristik ini untuk mencapai desain optimal. Lebih lanjut, Kuang dan Ho (2008) menyatakan bahwa *squat shearwall* memiliki kerentanan terhadap kegagalan geser bersifat getas (*brittle*), sementara *slender shearwall* menunjukkan keruntuhan lentur yang lebih daktail.

Aspek lokasi penempatan shearwall dalam bangunan juga menjadi faktor penting dalam desain seismik, sebagaimana ditunjukkan oleh beberapa penelitian terkini. Reshma dkk. (2021) menganalisis perilaku bangunan bertingkat terhadap berbagai konfigurasi lokasi *shearwall* di berbagai zona seismik dan menemukan bahwa penempatan optimal dapat secara signifikan mengurangi simpangan antar lantai. Melengkapi temuan tersebut, studi oleh Reddy dkk. (2024) mengkonfirmasi bahwa lokasi shearwall pada sudut-sudut

bangunan secara umum memberikan kinerja seismik terbaik dalam hal pengurangan perpindahan lateral dan distribusi gaya geser. Rajbanshi dkk. (2020) memberikan kontribusi penting dalam pemahaman kurva interaksi gaya aksial-momen lentur untuk *slender shearwall* dengan elemen *boundaries* yang diperbesar, menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas aksial-lentur dapat dicapai melalui optimasi geometri dan konfigurasi penulangan di area-area kritis.

Dalam praktik desain struktural saat ini, analisis linear masih sering digunakan karena kemudahan implementasi dan waktu komputasi yang relatif singkat. Namun, pada kondisi gempa besar, pendekatan ini tidak lagi memadai untuk memprediksi respons riil struktur seperti *shearwall*. Esmaeiltabar dkk. (2019) dalam penelitiannya tentang pemodelan makro nonlinear untuk RC *slender shearwall*, mengkonfirmasi pentingnya analisis nonlinear untuk memprediksi perilaku histeretik dan kapasitas deformasi dengan akurasi tinggi. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa model linier dapat meremehkan deformasi lateral hingga 40% pada kondisi beban gempa besar. Analisis nonlinear menjadi krusial untuk mengakomodasi kompleksitas perilaku material dan geometri, termasuk estimasi degradasi kekakuan, kapasitas deformasi, serta disipasi energi selama terjadinya siklus beban gempa. Metode ini memungkinkan pemodelan yang lebih realistis terhadap mekanisme keruntuhan dan distribusi gaya dalam kondisi di luar batas elastis, sehingga menjadi landasan penting dalam merancang struktur yang tangguh terhadap dinamika gempa.

Perkembangan teknologi komputasi mendukung penggunaan perangkat lunak elemen hingga seperti OpenSees (*Open System for Earthquake Engineering Simulation*) yang dipilih dalam penelitian ini karena keunggulannya dalam menyediakan model material dan elemen nonlinear untuk simulasi detail. OpenSees memiliki keunggulan dibandingkan *software* lain karena kemampuannya dalam memodelkan perilaku histeretik kompleks dan degradasi kekakuan yang umum terjadi pada struktur beton bertulang saat mengalami beban siklik. Selain itu, OpenSees memungkinkan implementasi

berbagai model konstitutif material yang dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan spesifik penelitian. Validasi oleh Lu dkk. (2016) menunjukkan kesesuaian hasil permodelan OpenSees dengan data eksperimental shearwall, mengonfirmasi keandalan perangkat ini dengan tingkat keakuratan tinggi dalam memprediksi respons dinamik nonlinear. Perangkat lunak ini juga mendukung penggunaan rekaman gempa aktual dalam analisis dinamik nonlinear, memungkinkan simulasi kondisi beban yang lebih realistis. Rekaman gempa seperti El Centro telah menjadi salah satu rekaman gempa paling banyak digunakan dalam studi rekayasa gempa karena karakteristiknya yang mencakup berbagai rentang frekuensi.

Meskipun telah banyak penelitian terkait shearwall, terdapat kesenjangan pengetahuan (*gap*) yang signifikan dalam literatur saat ini. Studi komparatif mendalam yang secara khusus membandingkan perilaku nonlinear *slender* dan *squat* shearwall di bawah beban dinamik gempa masih sangat terbatas, terutama dalam konteks analisis kapasitas maksimum, daktilitas, dan disipasi energi secara bersamaan. Beberapa penelitian telah mengkaji kedua tipe dinding secara terpisah seperti studi Loa dkk. (2022) untuk *slender shearwall* dan Habib dkk. (2025) untuk *squat shearwall*, namun belum ada studi komprehensif yang fokus pada perbandingan langsung keduanya menggunakan metodologi dan parameter analisis yang seragam, khususnya dalam hal perilaku histeretik dan respons perpindahan terhadap waktu.

Penelitian ini dirancang untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan studi komparatif menggunakan OpenSees, yang memungkinkan analisis perilaku histeretik dan respons perpindahan terhadap waktu secara detail. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung fokus pada satu aspek kinerja struktural, penelitian ini akan secara simultan menganalisis tiga parameter utama: kapasitas maksimum kedua tipe shearwall, karakteristik daktilitas, dan kemampuan disipasi energi. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap perbedaan fundamental kinerja kedua tipe dinding dalam menghadapi beban dinamik gempa.

Pemahaman mendalam tentang perbedaan perilaku nonlinear kedua tipe shearwall ini berdampak signifikan pada strategi desain struktural. Variasi dalam pola perpindahan, kapasitas disipasi energi, dan mekanisme keruntuhan akan memelopori pendekatan baru dalam pendetailan tulangan dan optimasi desain. Evaluasi performa terhadap beban dinamik gempa aktual juga menjadi dasar penting untuk pengembangan desain berbasis kinerja (*performance-based design*) yang lebih baik, terutama dalam konteks bangunan tahan gempa di Indonesia. Hasil penelitian komparatif ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara studi-studi sebelumnya yang cenderung berfokus pada satu tipe dinding saja dan memberikan landasan ilmiah untuk pengembangan pedoman desain yang lebih komprehensif.

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian studi komparatif *slender shearwall* dan *squat shearwall* ini penting dilakukan dengan hasil yang diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk penyempurnaan pedoman desain shearwall yang lebih presisi dan efisien, khususnya dalam konteks mitigasi gempa di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan respons perpindahan (*displacement-time*) antara *slender shearwall* dan *squat shearwall* terhadap beban dinamik gempa El Centro?
2. Bagaimana perbandingan perilaku histeritik dalam hubungan gaya-perpindahan (*force-displacement*) antara *slender shearwall* dan *squat shearwall* terhadap beban dinamik gempa El Centro?
3. Bagaimana perbandingan perilaku histeritik dalam hubungan momen-rotasi (*moment-rotation*) antara *slender shearwall* dan *squat shearwall* terhadap beban dinamik gempa El Centro?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian ini, beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut :

1. Penelitian terbatas pada analisis RC *shearwall* dengan dua tipe yaitu *slender shearwall* dengan rasio tinggi terhadap lebar $(h/l) > 3$ dan *squat shearwall* dengan rasio tinggi terhadap lebar $(h/l) < 1,5$.
2. Permodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak OpenSees dengan *script* berbasis bahasa Tcl.
3. Parameter yang dibedakan hanya rasio tinggi terhadap lebar *shearwall*, sementara parameter lainnya dipertahankan sama untuk kedua model.
4. Analisis dibatasi pada respons nonlinear dinamik struktur terhadap rekaman gempa El Centro.
5. *Output* yang dianalisis terbatas pada perpindahan dan riwayat waktu (*displacement-time*), kurva histeretik gaya-perpindahan (*force-displacement hysteretic curve*), dan kurva histeritik momen-rotasi (*moment-rotation hysteretic curve*).
6. Pengaruh bukaan pada *shearwall* tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini.
7. Permodelan material dibatasi pada model konstitutif yang tersedia dalam OpenSees (*Concrete01* dan *Steel01*) tanpa mempertimbangkan efek degradasi siklik yang lebih kompleks.

1.4 Keaslian Penelitian

Penelitian ini memiliki nilai keaslian yang signifikan dalam bidang rekayasa struktur tahan gempa, khususnya terkait perilaku *shearwall*. Aspek keaslian penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada analisis komparatif komprehensif antara *slender shearwall* dan *squat shearwall* dengan mengontrol ketat semua

parameter kecuali rasio geometri, sehingga dapat mengisolasi pengaruh rasio tinggi terhadap lebar pada perilaku nonlinear struktur.

2. Penggunaan rekaman gempa El Centro sebagai *input* beban dinamik memberikan representasi yang lebih realistis tentang respons struktur dibandingkan pembebanan konvensional
3. Penggunaan OpenSees untuk membantu proses analisis dan membandingkan kedua tipe *shearwall* masih terbatas karena umumnya banyak peneliti terdahulu menggunakan *software* konvensional terutama pada penelitian studi komparatif.
4. Kombinasi dengan pemodelan detail dalam OpenSees yang menggunakan model material nonlinear untuk beton dan tulangan memungkinkan simulasi yang akurat tentang perilaku sebenarnya dari *shearwall*.
5. Pendekatan komprehensif yang mencakup analisis respons perpindahan-waktu, kurva histeretik gaya-perpindahan, dan kurva histeretik momen-rotasi memberikan pemahaman holistik yang belum tersedia sebelumnya, sehingga dapat mengidentifikasi perbedaan fundamental dalam mekanisme disipasi energi kedua tipe *shearwall*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara teoretis maupun praktis dalam bidang rekayasa struktur tahan gempa, khususnya terkait penggunaan *slender* dan *squat shearwall*. Adapun manfaat yang dapat diperoleh sebagai berikut :

1. Manfaat Teoretis

- Memberikan pemahaman mendalam tentang perbedaan perilaku nonlinear antara *slender shearwall* dan *squat shearwall* di bawah beban dinamik gempa, khususnya dalam hal respons perpindahan, kapasitas disipasi energi, dan mekanisme keruntuhan.
- Memvalidasi keandalan pemodelan OpenSees dalam mensimulasikan respons struktur beton bertulang terhadap beban gempa, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian sejenis di masa depan

- Menyediakan data numerik yang dapat digunakan untuk kalibrasi model analitis atau pengembangan persamaan empiris terkait kinerja *shearwall*.

2. Manfaat Praktis

- Memberikan rekomendasi desain yang lebih optimal dalam pemilihan *slender* atau *squat shearwall* berdasarkan karakteristik respons dinamikanya, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan struktur.
- Membantu insinyur praktisi dalam memprediksi kinerja *shearwall* terhadap gempa, terutama dalam hal perpindahan maksimum untuk menghindari kerusakan non-struktural, kapasitas disipasi energi untuk menilai ketahanan struktur, dan mekanisme keruntuhan guna pendetailan tulangan yang sesuai.
- Memperkaya basis data respons struktur yang dapat digunakan dalam perencanaan berbasis kinerja (*Performance-Based Design*), khususnya di wilayah seismik seperti Indonesia.

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi perbedaan pola respons dinamik kedua tipe *shearwall*, terutama dalam hal besar perpindahan maksimum.
2. Menilai daktilitas perpindahan dan kemampuan disipasi energi (penyerapan energi gempa) kedua tipe *shearwall* melalui perbedaan karakteristik histeresis, seperti luas loop histeretik dan kekakuan sisa yang mencerminkan ketahanan struktur.
3. Memahami mekanisme kegagalan, daktilitas rotasi, dan kapasitas rotasi kedua tipe *shearwall* serta mengidentifikasi keunggulan dan kelemahan masing-masing tipe *shearwall* dalam menaham beban gempa.

1.7 Sistematika Penulisan

Susunan laporan penting untuk dibuat dengan jelas sehingga mudah dipahami isi keseluruhan laporan. Laporan ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. Bagian Awal

Bagian awal laporan ini meliputi halaman judul, halaman pengesahan dosen pembimbing, halaman pengesahan tim penguji, halaman pernyataan, intisari, *abstract*, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar lambar dan singkatan.

2. Bagian Utama

Bagian utama laporan ini berisi 6 (enam) bab utama, diantaranya :

- Bab I Pendahuluan berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, keaslian penelitian, manfaat penelitian, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab II Kajian Pustaka berisi uraian penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan *slender shearwall* dan *squat shearwall* baik penelitian berbasis eksperimental maupun numerik.
- Bab III Landasan Teori berisi uraian teori-teori terdahulu terkait *slender shearwall* dan *squat shearwall*, perilaku nonlinear material struktur, dan tipe model analisis struktur.
- Bab IV Metodologi Penelitian berisi langkah-langkah penelitian ini dari awal hingga mencapai kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.
- Bab V Hasil dan Pembahasan berisi uraian hasil simulasi dan analisis yang jelas diikuti dengan adanya tabel, grafik, dan diagram yang mendukung pembahasan.
- Bab VI Kesimpulan dan Saran berisi rangkuman yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan dengan menyesuaikan tujuan penelitian serta menyatakan keterbatasan dari penelitian yang ditujukan kepada para peneliti dalam bidang Struktur yang ingin melanjutkan atau mengembangkan penelitian ini.

3. Bagian Akhir

Bagian akhir berisi daftar pustaka yang menjadi referensi pendukung untuk penelitian ini.

