

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kolom adalah elemen struktural vertikal yang menyalurkan beban aksial dari struktur atas ke fondasi, menjaga stabilitas, serta ketahanan terhadap beban eksternal seperti angin, beban hidup, dan gempa. Dalam desain tahan gempa, kolom berperan krusial karena harus menahan momen lentur dan deformasi akibat gaya seismik. Oleh karena itu, peningkatan kekuatan dan daktilitas kolom beton bertulang menjadi aspek fundamental, terutama di wilayah seismik tinggi. Daktilitas adalah kemampuan struktur mengalami deformasi signifikan dalam kondisi tidak elastis tanpa kegagalan mendadak (Filaj et al., 2016), yang hanya diperoleh jika material penyusun memiliki sifat daktil—bukan karakteristik utama beton.

Dalam struktur beton bertulang, daktilitas kolom dapat ditingkatkan dengan pengekangan inti beton yang menahan ekspansi lateral akibat beban aksial, meningkatkan kapasitas deformasi, dan ketahanan terhadap beban siklik. Berbagai penelitian mengeksplorasi efektivitas pengekangan, seperti konsep "area efektif inti terkekang" oleh Sheikh dan Uzumeri (1980), model analitis oleh Mander et al. (1988) yang menyoroti rasio volumetrik tulangan transversal, serta penelitian Saatcioglu & Razvi (1992) tentang pengaruh bentuk, pola, dan jarak tulangan transversal terhadap daktilitas.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja beton bertulang, seperti Concrete-Filled Steel Tubes (CFST), Fiber-Reinforced Polymer (FRP) wrapping, dan teknik pengekan tambahan. Salah satu metode efektif adalah sengkang berlapis ganda, yang menggunakan dua lapis tulangan sengkang. Penelitian L. Z. Sun et al., (2011; 2017), Yang et al. (2015), Wu et al. (2016), dan Kumar et al. (2019) menunjukkan metode ini lebih unggul dibandingkan pengekan tunggal dalam hal kekuatan, daktilitas, dan konstruksi. L. Z. Sun et al., (2011; 2017) meneliti kolom beton bertulang dengan dua lapisan lingkaran pada kolom persegi dan lingkaran (bulat), sementara Yang et al. (2015) mengkaji tiga jenis kolom bulat berkekuatan tinggi dengan dua lapisan sengkang spiral. Wu et al. (2016) mengeksplorasi kolom RC persegi berkekuatan normal dengan pengekan dua lapis sengkang melingkar. Kumar et al. (2019) menyimpulkan bahwa sengkang dalam yang ditambahkan yang paling efisien adalah yang berbentuk spiral dibandingkan dengan sengkang dalam yang berbentuk lingkaran, belah ketupat, dan persegi. Optimalisasi tulangan longitudinal dan pengurangan jarak antar lapisan tulangan transversal juga meningkatkan kapasitas beban dan daktilitas secara signifikan.

Simulasi numerik menjadi alat penting dalam memahami perilaku struktur tanpa ketergantungan penuh pada eksperimen fisik. Dibandingkan pengujian langsung yang membutuhkan sumber daya besar, simulasi memungkinkan analisis cepat dengan biaya lebih rendah serta eksplorasi skenario ekstrem. Namun, akurasinya bergantung pada model matematis yang

digunakan, sehingga validasi eksperimental tetap diperlukan untuk memastikan keandalan hasil.

Penelitian ini melakukan simulasi numerik terhadap sebagian spesimen yang diteliti oleh Kumar et al. (2019) dan memvalidasi hasilnya dengan data eksperimen. Berdasarkan penelitian tersebut, sengkang spiral paling efisien, diikuti oleh konfigurasi melingkar. Dengan menggunakan konfigurasi tersebut, penelitian ini akan dikembangkan dengan mengeksplorasi pengaruh lapisan dalam, bentuk sengkang dalam, rasio proksimitas, tambahan tulangan longitudinal, serta bentuk penampang kolom terhadap respons struktur. Selain itu, analisis tekanan pengekangan, kekuatan puncak, serta pengujian kombinasi pembebanan aksial monotonik dan siklik lateral akan dilakukan untuk memahami perilaku struktur secara lebih komprehensif.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi serangkaian aspek yang perlu diidentifikasi, seperti:

1. Bagaimana pengaruh penambahan lapisan sengkang dalam pada kolom beton bertulang yang dibebani secara monotonik aksial?
2. Bagaimana hubungan antara tekanan pengekangan dalam kolom berlapis ganda dengan peningkatan kapasitas deformasi dan ketahanan struktur?
3. Bagaimana perilaku kolom dengan kombinasi pembebanan aksial dan lateral yang menyimulasikan kondisi lapangan secara lebih realistis?

C. Tujuan

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang meliputi tiga poin tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penambahan lapisan sengkang dalam pada kolom beton bertulang yang dibebani secara monotonik aksial.
2. Menganalisis hubungan antara tekanan pengekanan dalam kolom berlapis ganda dengan peningkatan kapasitas deformasi dan ketahanan struktur.
3. Menganalisis perilaku kolom dengan kombinasi pembebanan aksial dan lateral yang menyimulasikan kondisi lapangan secara lebih realistis.

D. Batasan Masalah

Batasan-batasan dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek utama yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan simulasi numerik berbasis elemen hingga dengan Abaqus/CAE Learning Edition 2023 untuk merepresentasikan perilaku kolom beton bertulang dengan berbagai konfigurasi pengekanan di bawah beban aksial monotonik dan siklik lateral. Abaqus/CAE Learning Edition 2023 memiliki keterbatasan dalam jumlah elemen, dengan maksimum 1000 nodes untuk model struktural. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data eksperimen dari literatur tanpa pengujian laboratorium tambahan.
2. Penelitian ini berfokus pada kolom beton bertulang dengan pengekanan tunggal dan ganda, menggunakan variasi bentuk dan jarak tulangan transversal. Dimensi kolom mengikuti penelitian sebelumnya. Variasi

meliputi bentuk pengekangan dalam (lingkaran dan spiral), jarak antar lapisan, serta jumlah tulangan longitudinal, tanpa mencakup variasi material atau skala spesimen.

3. Penelitian ini mengevaluasi kapasitas beban puncak, tekanan pengekangan, kapasitas deformasi, disipasi energi, dan respons kekakuan kolom. Analisis efek jangka panjang, seperti *fatigue*, *creep*, atau degradasi material, serta aspek ekonomi dan optimasi biaya tidak dibahas, sehingga fokus penelitian tetap pada aspek teknis dan mekanis.
4. Parameter material seperti modulus elastisitas, kuat tekan beton, kuat tarik baja, dan lainnya, ditentukan berdasarkan referensi standar dan penelitian terdahulu, tanpa dilakukan pengujian laboratorium khusus untuk menentukan sifat mekanis material secara langsung.