

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom Pendek dan Perilaku Strukturalnya

Kolom dengan rasio geser (λ) kurang dari 2 dikategorikan sebagai kolom pendek. Nilai λ didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi efektif kolom (h) terhadap dimensi lateral terkecil (b), sehingga dirumuskan sebagai persamaan (1).

Menurut Moretti dan Tassios. (2006), kolom pendek memiliki kekuatan geser yang lebih besar dibandingkan kolom panjang yang identik, namun menunjukkan perilaku yang sangat rapuh saat mengalami perpindahan siklik, seperti pada kondisi beban gempa. Hal ini disebabkan oleh dominasi mekanisme geser dibandingkan lentur, yang menyebabkan potensi keruntuhan geser prematur lebih besar. Retak geser yang cepat dan kerusakan lokal dapat muncul sebelum deformasi plastis berkembang secara signifikan, sehingga kolom pendek cenderung memiliki kapasitas daktilitas yang rendah.

2.2 Penguatan Kolom dengan CFRP

Untuk mengatasi keterbatasan kolom pendek, berbagai metode perkuatan telah dikembangkan, salah satunya adalah dengan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*). CFRP adalah bahan komposit yang terdiri dari serat karbon dan matriks polimer, yang memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas tinggi. Menurut Pawlak et al. (2022), penerapan CFRP dapat

meningkatkan kekuatan elemen struktur terhadap perubahan beban, termasuk beban lateral akibat gempa.

Penguatan CFRP umumnya dilakukan dengan teknik *external wrapping*, yaitu membungkus elemen struktural seperti kolom dengan lembaran CFRP. Metode ini telah terbukti mampu meningkatkan kapasitas geser, kekuatan lateral, dan daktilitas, serta mengurangi risiko kegagalan akibat gaya geser.

2.3 Konsep Pengekangan Beton dengan CFRP

Pengekangan beton menggunakan CFRP dilakukan dengan membungkus seluruh sisi penampang kolom secara menyeluruh. Mekanisme ini membatasi ekspansi lateral beton akibat beban aksial, sehingga meningkatkan kekuatan tekan ultimit (f'_c) dan regangan ultimit (ε_{cu}). Menurut SNI 8971:2021, pengekangan yang efektif mampu mengubah perilaku hancur beton dari getas menjadi lebih plastis. Hal ini menjadi sangat penting pada kolom pendek yang umumnya menunjukkan keruntuhan mendadak.

Lebih lanjut, Harahap et al. (2024) menyatakan bahwa perkuatan cengan CFRP diperlukan apabila terjadi degradasi kekuatan struktur, seperti akibat penuaan, perubahan fungsi bangunan, atau kerusakan pasca-gempa. Dalam konteks tersebut, CFRP berfungsi sebagai solusi retrofitting yang efektif.

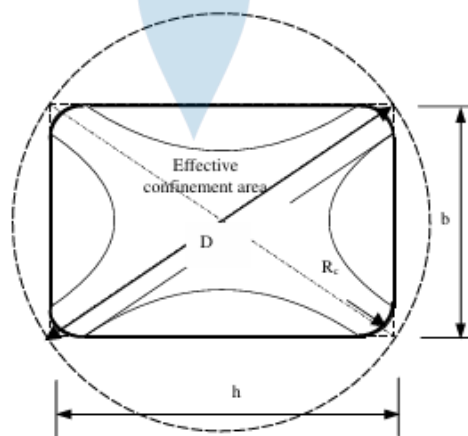
2.4 Radius Lengkung Sudut Kolom

Efektivitas Pengekangan CFRP pada kolom persegi sangat dipengaruhi oleh bentuk geometri sudut penampang, khususnya radius lengkung sudut (*corner*

radius). Studi eksperimental yang dilakukan Wang L., dan Wu Y. (2008) menunjukkan bahwa kolom persegi dengan sudut tajam (tanpa radius) memiliki efek pengekanan yang sangat minim, sehingga peningkatan kekuatan tekan akibat CFRP *wrapping* hampir tidak terjadi.

Hasil penelitian tersebut mengungkapkan bahwa kekuatan tekan beton terkekang (f'_{cc}) meningkat sebanding dengan rasio radius sudut terhadap sisi kolom, atau dikenal dengan istilah *corner radius ratio*. Ketika sudut diperbesar, distribusi tegangan CFRP menjadi lebih merata dan mengurangi konsentrasi tegangan di area sudut, sehingga lembaran CFRP dapat bekerja lebih optimal.

Dalam kondisi radius yang cukup besar (misalnya $r \geq 0,4b$), kolom menunjukkan peningkatan kekuatan dan daktilitas yang signifikan. Hal ini menegaskan bahwa radius sudut harus diperhitungkan secara cermat dalam perancangan maupun pemodelan numerik kolom yang diperkuat CFRP (Wang L., dan Wu Y., 2008).



Gambar 2.1. Beton secara Efektif dalam Kolom Persegi

2.5 Analisis Pushover pada Struktur Beton Bertulang

Analisis pushover merupakan metode statik nonlinier yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur dari kondisi elastis hingga runtuh. Analisis ini mensimulasikan pembebanan lateral bertahap untuk mengidentifikasi terbentuknya sendi plastis pada komponen struktur. Menurut Nugraha F.J. et al. (2022), hasil dari analisis pushover dapat digunakan untuk menentukan level kinerja struktur dan mengevaluasi kapasitas terhadap beban gempa.

Dalam konteks struktur yang diperkuat CFRP, analisis pushover digunakan untuk mengevaluasi peningkatan kapasitas lentur, kekakuan, dan daktilitas pasca perkuatan, serta mengidentifikasi perubahan distribusi sendi plastis dan titik kinerja struktur.

2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh CFRP terhadap kinerja struktur melalui pendekatan numerik dan eksperimental. Sung Y., et al. (2005) mengembangkan model analisis pushover realistis untuk struktur beton bertulang dengan berbagai mode kegagalan, dan menunjukkan bahwa penguatan dengan CFRP memberikan kontribusi signifikan terhadap kapasitas struktur.

Wang Y., et al. (2023) melakukan studi eksperimental dan numerik pada struktur rangka dua lantai dua bentang yang telah mengalami kerusakan akibat gempa. Setelah diperkuat dengan tiga lapis CFRP pada sambungan balok-

kolom, koefisien daktilitas perpindahan meningkat dari 3,00 menjadi 3,41. Hasil ini membuktikan bahwa penguatan CFRP efektif dalam memulihkan dan meningkatkan kinerja seismik struktur beton yang telah rusak.

Meskipun berbagai studi telah dilakukan, sebagian besar terfokus pada elemen tunggal atau sambungan tertentu. Penelitian ini mengambil pendekatan berbeda dengan menganalisis struktur portal sederhana sebagai satu kesatuan, dan mengevaluasi pengaruh jumlah lapisan CFRP terhadap kurva kapasitas dan titik kinerja struktur secara menyeluruh.

