

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Balok tinggi didefinisikan sebagai komponen struktur dengan beban bekerja pada salah satu sisinya dan perletakan pada sisi lainnya, sehingga strut tekan dapat berbentuk diantara beban dan perletakan. Balok tinggi juga didefinisikan sebagai balok dengan bentangan bersih  $L_n$  tidak lebih dari empat kali tinggi balok ( $h$ ) untuk pembebanan merata, atau dua kali tinggi efektif balok ( $2d$ ) dari muka perletakan untuk balok dengan pembebanan terpusat (SNI 2847:2019).

Balok tinggi digunakan dalam berbagai aplikasi struktural seperti struktur lepas pantai, transfer girder, pondasi dinding, pilecap pondasi, bangunan tinggi, dan dinding geser. Beberapa penelitian terdahulu membuktikan bahwa pola retak dominan yang terjadi pada balok tinggi adalah pola retak geser, dimana pada saat beban bekerja tulangan geser maupun tulangan lentur mulai mengalami leleh maka beton mulai mengalami retak awal (*initial crack*) pada zona tekan di dekat tumpuan dan retak terus menjalar ke daerah beban sehingga pada akhirnya balok tinggi mengalami kegagalan geser (Darma & Paryati, 2019).

Balok tinggi memiliki kekuatan lentur yang sangat baik jika dibandingkan dengan kekuatan geser. Kegagalan geser pada dasarnya terjadi pada balok tinggi karena pengaruh konfigurasi dimensinya. Jika tinggi penampang balok meningkat, maka kekuatan geser menurun. Oleh karena itu kemampuan menahan geser perlu ditingkatkan pada balok tinggi tanpa menambah tinggi dari penampang balok (Meena et al., 2021).

Kebutuhan untuk memperkuat balok tinggi beton bertulang disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya perubahan peraturan (*code*), peningkatan beban desain, kondisi lingkungan yang parah, dll. Dalam segi biaya dan waktu, perkuatan biasanya lebih menguntungkan. Dalam dua dekade, penelitian telah dilakukan dengan dua metode perkuatan yang berbeda. Yang pertama adalah serat baja sebagai bahan campuran beton,

yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kapasitas deformasi beton pada balok. Metode perkuatan yang kedua adalah dengan mengikat serat baja polimer (FRP) diluar balok beton. Metode ini merupakan salah satu metode perkuatan yang paling efisien untuk banyak elemen struktural seperti kolom, balok, pelat, dan dinding. Selain itu, elemen struktur yang mungkin memiliki bukaan karena kebutuhan, membuat tahanan geser pada struktur menjadi berkurang, dalam kasus ini FRP sering digunakan sebagai bahan perkuatan (Akkaya et al., 2022).

Material *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) memiliki berbagai keunggulan seperti tidak korosif, non-magnetik, tahan terhadap berbagai jenis bahan kimia, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, kemudahan dalam penggunaan, serta modulus tarik yang tinggi. Jenis material pada FRP yang sering digunakan adalah karbon (C), kaca (G), dan aramid (A).

Perkuatan geser menggunakan FRP biasanya menggunakan tiga skema, yaitu *full wrapping* (FW), *U-wrapping* (U), dan *side bonding* (S). Pada penelitian Al-fakih et al. (2021) menunjukkan bahwa pelat CFRP merupakan bahan yang cocok untuk perkuatan lentur balok ramping, karena peningkatan kapasitas lentur. Perkuatan geser pada balok ramping dengan bahan FRP memberikan hasil yang baik dalam menambah kapasitas geser, dan mengurangi lendutan. Ditemukan bahwa perkuatan dengan skema FW, U, dan S mempengaruhi kinerja balok terhadap geser (Akkaya et al., 2022).

Studi penggunaan material FRP dalam perkuatan geser balok ramping telah banyak dilakukan, namun studi yang menggunakan perkuatan FRP pada balok tinggi ( $av/d \leq 2$ ) masih jarang dilakukan. Selain itu, studi eksperimental dan numerik pada balok tinggi yang diperkuat dengan FRP sebagian besar dilakukan dengan skema perkuatan Side bonding (S) dan U-wrapping (U). Studi tersebut menunjukkan bahwa kekuatan geser meningkat sekitar 10-70%. Selain itu, tingkat kerusakan akibat geser lebih lambat dibandingkan dengan balok tanpa perkuatan. Dari beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaruh  $av/d$  merupakan

faktor penting untuk menentukan perilaku geser balok tinggi yang diperkuat.

Seiring dengan semakin tingginya tuntutan kinerja struktur, khususnya pada elemen balok tinggi yang sering bekerja di daerah diskontinuitas tegangan, diperlukan strategi perkuatan yang tidak hanya meningkatkan kapasitas beban, tetapi juga mampu mengendalikan retak, memperbaiki duktilitas, serta menjaga kinerja struktur setelah melewati beban maksimum. *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) menjadi salah satu pilihan yang potensial berkat kekuatan tarik yang tinggi, berat yang ringan, dan kemudahan pemasangan. Namun, efektivitas CFRP dalam meningkatkan kapasitas geser, mengendalikan perkembangan retak, serta memengaruhi perilaku pasca-puncak pada balok tinggi memerlukan kajian yang terukur dan sistematis. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini dirancang untuk menganalisis secara mendalam pengaruh perkuatan geser menggunakan CFRP terhadap perilaku balok tinggi beton bertulang melalui pemodelan elemen hingga, yang hasilnya diharapkan dapat memberikan manfaat ilmiah, praktis, dan aplikatif bagi pengembangan teknologi perkuatan struktur beton bertulang.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh perkuatan geser menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) terhadap kapasitas beban balok tinggi beton bertulang melalui pemodelan elemen hingga.
2. Menganalisis perubahan pola retak dan mekanisme keruntuhan balok tinggi akibat penerapan berbagai konfigurasi perkuatan CFRP.
3. Menganalisis pengaruh perkuatan CFRP terhadap energi disipasi dan perilaku pasca-puncak balok tinggi.
4. Membandingkan efektivitas berbagai konfigurasi perkuatan CFRP untuk menentukan desain yang optimal secara teknis dan potensial diterapkan di lapangan.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Ilmiah

Menyediakan referensi teknis dan data kuantitatif mengenai efektivitas CFRP dalam meningkatkan kapasitas geser, mengendalikan retak, meningkatkan daktilitas, serta memperbaiki perilaku pasca-puncak pada balok tinggi beton bertulang.

2. Manfaat Praktis

Memberikan panduan kepada perencana dan praktisi dalam memilih jenis, jumlah, dan konfigurasi perkuatan CFRP yang tepat, sehingga dapat meningkatkan kinerja struktur secara optimal.

3. Manfaat Pengembangan Ilmu

Menjadi acuan untuk penelitian lanjutan terkait hubungan konfigurasi perkuatan CFRP dengan peningkatan energi disipasi dan ketahanan struktur terhadap beban ekstrem, termasuk pembebanan dinamis atau siklik.

4. Manfaat Aplikasi Lapangan

Menyediakan dasar pertimbangan bagi penerapan metode perkuatan CFRP pada balok tinggi di bangunan eksisting maupun konstruksi baru, yang efektif secara teknis dan efisien secara ekonomis.

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk penyederhanaan studi ini, maka studi ini dibatasi dengan hal-hal berikut:

- Pada studi ini struktur balok tinggi beton bertulang yang digunakan adalah sampel balok tinggi dari penelitian Akkaya *et al.* (2022).
- Perangkat lunak yang digunakan untuk analisis numerik adalah ATENA2D.
- Tipe balok yang digunakan adalah balok tinggi dengan perletakan sendi-rol.
- Beban yang digunakan adalah beban *static monotonic* pada tengah bentang balok.

- Balok tidak menggunakan tulangan geser.
- Ikatan antara material FRP dengan penampang balok beton diasumsikan terikat sempurna (*perfect bond*)

#### 1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan studi ini disusun sebagai berikut:

BAB I	<b>PENDAHULUAN</b> Terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
BAB II	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> Membahas teori dasar dari beberapa referensi yang mendukung serta mempunyai relevansi dengan studi ini.
BAB III	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> Berisikan tentang metodologi penelitian yang merupakan tahapan-tahapan penggerjaan dalam penyelesaian masalah.
BAB IV	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> Berisikan kajian serta uraian analisis, pembahasan, serta hasil yang didapat berupa grafik, tabel, dan gambar.
BAB V	<b>KESIMPULAN</b> Berisikan kesimpulan dari hasil studi yang dilakukan