

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Balok beton bertulang merupakan elemen struktural yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan dan infrastruktur di seluruh dunia. Kemampuan balok beton bertulang untuk menahan beban lentur sangat penting dalam menjaga kekuatan, integritas, dan daya tahan struktur bangunan. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, pencarian solusi yang efektif untuk meningkatkan kuat lentur balok beton bertulang menjadi semakin relevan.

Salah satu metode yang telah menarik perhatian dalam memperkuat struktur beton adalah penggunaan material komposit. Material komposit yang banyak digunakan untuk penguatan balok beton bertulang adalah *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP). CFRP memiliki karakteristik yang sangat baik, yaitu kuat tarik tinggi, modulus elastisitas tinggi, ringan, dan tahan karat. Oleh karena itu, CFRP dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan balok beton bertulang secara signifikan.

Dalam konteks ini, perhatian pada analisis perilaku lentur balok beton bertulang yang diperkuat dengan CFRP menjadi sangat penting. Banyak penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan pemahaman awal terkait peningkatan kinerja struktur beton bertulang menggunakan CFRP. Namun, perlu adanya kajian lebih lanjut, khususnya dalam melakukan analisis mendalam yang memanfaatkan simulasi numerik dengan metode elemen hingga atau *Finite Element Method*

(FEM) guna memahami secara detail mekanisme penguatan yang terjadi dan respons elemen struktur seperti balok terhadap beban.

Melalui penggunaan aplikasi simulasi numerik seperti Abaqus dalam konteks penelitian ini, akan memungkinkan untuk memodelkan perilaku balok beton bertulang dengan akurat. Pemodelan ini dapat menyediakan wawasan yang mendalam terkait distribusi tegangan, deformasi, dan mekanisme kegagalan yang mungkin terjadi pada balok yang diperkuat dengan CFRP. Hal ini akan memberikan landasan yang kuat untuk memahami efektivitas, keandalan, dan potensi aplikasi teknik penguatan ini dalam meningkatkan kinerja struktur beton.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perbandingan antara hasil simulasi numerik terhadap data penelitian eksperimental yang telah dilakukan oleh Han Ay Lie, dkk. pada tahun 2020 dengan judul "*Penelitian Perkuatan Eksternal dengan Carbon Fiber Plate dan String, Perilaku dan Konfigurasi*" dan dipublikasi pada tahun 2021 sebagai jurnal yang berjudul "*Experimental Investigation on the Failure Behavior of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Strengthened Reinforced Concrete T-beams*".

Studi ini mengkaji perilaku elemen lentur yang diuji terhadap kondisi tegangan lentur dan geser tinggi akibat beban monotonik. Hal ini dimaksudkan untuk mensimulasikan kondisi yang terjadi pada pertemuan balok-kolom, sehingga digunakan metode pembebanan satu titik (*one point loading system*) pada sebuah balok-T. Penempatan CFRP disesuaikan dengan kondisi di lapangan, dimana terdapat dinding dan komponen kolom yang tidak memungkinkan penempatan CFRP pada seluruh permukaan serat tertarik beton.

B. Rumusan Masalah

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

1. Mengetahui pengaruh penguatan CFRP *Wrap* dan CFRP *Plate* terhadap kapasitas lentur balok beton bertulang.
2. Mengamati pengaruh penguatan CFRP pada keruntuhan elemen, karena penggunaan penguatan luar dapat mengubah perilaku sebuah elemen lentur dari *under-reinforced* menjadi *over-reinforced*. Penelitian ini di dasarkan perencanaan bahwa balok yang diperkuat dengan CFRP tetap dalam keadaan *under-reinforced*. Namun demikian perilaku keruntuhan akhir dapat berubah, sehingga perlu diamati.
3. Membandingkan hasil simulasi numerik menggunakan Abaqus apakah sesuai dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini melibatkan beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

1. Balok kontrol berupa balok konvensional *under-reinforced* tanpa penguatan eksternal berbentuk T.
2. Fokus penelitian hanya pada penggunaan dua jenis produk CFRP dari PT Sika Indonesia, yaitu SikaWrap®-231 C sebagai CFRP *wrap* dan Sika® CarboDur® S sebagai CFRP *plate*.
3. Pemasangan CFRP secara terbatas pada permukaan beton, sejalan dengan kondisi lapangan yang terkadang membatasi penempatan CFRP secara

menyeluruh. Pada penelitian ini yaitu pemasangan *plate* pada sayap (*flange*) balok dan *wrap* bentuk U pada badan (*web*) balok.

4. Validasi antara hasil eksperimen terhadap hasil pemodelan numerik dalam merepresentasikan dengan tepat mekanisme penguatan CFRP dan respons balok terhadap beban hanya dengan satu jenis aplikasi yaitu Abaqus.
5. Kuat tekan beton, ukuran penampang, metode pengujian, serta konfigurasi tulangan adalah identik. Dengan demikian dapat dilakukan komparasi antara sistem dengan dan tanpa penguatan CFRP.
6. Parameter-parameter yang diperlukan untuk pemodelan tersebut diambil berdasarkan data sekunder yang tersedia.

D. Tujuan Penelitian

Secara umum, tujuan utama dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji validitas serta tingkat akurasi dari pemodelan simulasi numerik dengan menggunakan aplikasi Abaqus. Evaluasi ini bertujuan untuk merepresentasikan dengan tepat mekanisme penguatan CFRP dan respons perilaku balok beton bertulang terhadap beban, dengan memanfaatkan hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan tentang efektifitas CFRP dalam meningkatkan kapasitas pemikul balok melalui data:

1. Beban-deformasi vertikal
2. Kondisi leleh tulangan konvensional tarik
3. Kondisi retak pertama (*first crack*)
4. Perilaku keruntuhan

E. Manfaat Penelitian

Dengan memanfaatkan hasil penelitian sebelumnya dan menggabungkannya dengan teknik simulasi numerik, diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan dalam industri konstruksi bagi pengguna maupun perencana tentang manfaat penguatan eksternal menggunakan CFRP.

Informasi yang diperoleh juga dapat digunakan untuk mendukung pengembangan panduan desain yang lebih baik, praktik terbaik, dan inovasi dalam penggunaan serat komposit dalam konstruksi, yang pada akhirnya akan meningkatkan keamanan, efisiensi, dan ketahanan struktural bangunan dan infrastruktur.

F. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian ini terletak pada pendekatan hasil simulasi numerik dengan Abaqus terhadap hasil eksperimen dalam meningkatkan kuat lentur balok beton bertulang yang diperkuat CFRP. Meskipun ada beberapa penelitian sebelumnya tentang penggunaan berbagai jenis serat komposit dalam konstruksi, namun penelitian yang secara khusus membandingkan kinerja CFRP *Wrap* dan CFRP *Plate* melalui pendekatan numerik khususnya dengan aplikasi Abaqus masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru pada pemahaman tentang efektivitas serat komposit dalam penguatan elemen struktural.