

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkuatan struktur pada umumnya bertujuan untuk mengembalikan atau meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sesuai rencana. Perkuatan struktur dapat dilakukan dalam beberapa metode. Metode perkuatan struktur bisa dilakukan dengan cara penyelubungan dengan beton (*Concrete Jacketing*), penyelubungan dengan baja (*Steel Jacketing*) dan penyelubungan dengan material ringan komposit yaitu *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* (Sunaryo dkk, 2009).

CFRP adalah serat karbon yang didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% berat karbon. Serat karbon tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan system *CFRP* adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas. Cara pemasangan *CFRP* adalah dengan melilitkannya mengelilingi permukaan elemen struktur yang diperkuat dengan menggunakan perekat *epoxy*. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional (Karmila dkk, 2008).

Aplikasi material *FRP* sebagai fungsi perbaikan dan perkuatan struktur beton telah berkembang di beberapa negara seperti Amerika Utara, Eropa dan Jepang. Teknik perkuatan seperti ini sangat efisien, dan tidak mudah berkarat. Fungsi perkuatan menggunakan *FRP* adalah untuk meningkatkan kekuatan atau

memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas, atau berbagai kombinasi diantaranya. Daya tahan *FRP* yang tinggi dan lebih ekonomis. Penggunaan *FRP* lebih populer mengingat banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh seperti bobot unit yang kecil, mudah diaplikasikan dan ditangani, biaya instalasi dan pemeliharaan yang rendah. Kerugian yang paling prinsip penggunaan *FRP* sebagai sistim perkuatan adalah harga material yang relatif lebih mahal (Meier dan Erki, 1997).

Saat ini telah berkembang berbagai metode perbaikan dan perkuatan struktur, salah satunya adalah menggunakan lembaran *FRP* (*Fiber Reinforced Polymer*). Secara umum bahan serat yang digunakan pada *FRP* ada 3 jenis, yaitu serat karbon (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*), serat gelas (*Glass Fiber Reinforced Polymer*), dan serat aramid (*Aramid Fiber Reinforced Polymer*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka rumusan masalah pada analisis ini adalah bagaimana memodelkan balok beton bertulang yang diberi perkuatan *CFRP* (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) yang dikenai lentur dan geser pada *Abaqus Student Edition 6.14*.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan beberapa batasan agar penelitian dapat lebih terfokus dan terarah sehingga dapat lebih maksimal. Adapun batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan analisis menggunakan data sekunder dari pengujian kuat lentur dan geser balok beton bertulang yang dilakukan oleh Barros dkk (2006), dalam

jurnal berjudul “*Efficacy of CFRP-based techniques for the flexural and shear strengthening of concrete beams*” yang dipublikasikan dalam *Journal of Engineering Sciences, Department of Civil Engineering, School of Engineering, Universitas of Minho, Azurem, 4800-058 Guimaraes, Portugal*.

2. Balok yang ditinjau merupakan balok berpenampang persegi yang dikenai lentur dan geser.
3. Balok diletakan pada dua tumpuan dan diberi dua titik pembebanan beban terpusat.
4. Perletakan perkuatan *CFRP* dipasang dengan menggunakan teknik *EBR* (*Externally Bonded Reinforcing*) daerah lentur dan geser pada balok beton bertulang.
5. Standar dan mutu *CFRP* mengacu pada ACI 440.2R-08.
6. Pemodelan balok beton bertulang menggunakan metode elemen hingga dengan program *Abaqus Student Edition 6.14*.

1.4. Keaslian Penelitian

Berdasarkan pengamatan penulis, penelitian mengenai pemodelan metode elemen hingga balok beton bertulang dengan perkuatan *CFRP* (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) yang dikenai lentur dan geser sudah banyak dilakukan, namun penulis mencoba untuk melakukan perbandingan analisis dari hasil experimental orang lain dengan hasil yang diperoleh dari penulis menggunakan program *Abaqus Student Edition 6.14*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan ini sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu ilmu pengetahuan dan menambah wawasan khususnya pada pemodelan metode elemen hingga balok beton bertulang dengan perkuatan *CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer)* yang dikenai lentur dan geser menggunakan program *Abaqus Student Edition 6.14*.
2. Hasil analisis ini dapat dijadikan dasar untuk analisis selanjutnya.
3. Bagi penulis, analisis ini bermanfaat sebagai terapan ilmu yang sudah diperoleh selama kuliah di Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

1.6. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan hasil experimental balok beton bertulang dengan perkuatan *CFRP (Carbon Fiber reinforced Polymer)* yang dikenai lentur dan geser oleh orang lain dengan hasil analisis penulis menggunakan program *Abaqus Student Edition 6.14*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dias dan Barros (2013) melakukan penelitian mengenai kuat geser balok tinggi T beton bertulang pada 4 benda uji balok dengan teknik *NSM* menggunakan perkuatan *CFRP* berbentuk plat dengan laminasi kemiringan 45° , 60° , dan 90° . Pada tingkat kedalaman laminasi yang berbeda diperoleh nilai yang sangat efektif, kuat geser dengan *CFRP* memperoleh peningkatan beban maksimum antara 66%-81%, sedangkan regangan tarik maksimum antara 12,2%-16,3%, hasil ini juga menyatakan bahwa semakin dalam laminasi pada balok maka akan semakin tinggi gaya geser yang diperoleh.

Kuriger dkk (2001) menunjukkan bahwa pengujian lentur terhadap balok-balok yang diberi *CFRP* akan mengakibatkan pengurangan regangan 11,5% sampai 58,6% pada tulangan tarik, dan pengurangan regangan tekan beton 3% sampai 33,5% serta mengurangi defleksi pada balok 8 % sampai 53,1%. Sedangkan tipe keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser pada beton, keruntuhan pada *CFRP* dan *debonding* pada *CFRP* yang mana didominasi oleh *debonding CFRP*.

Aprile dkk (2001) menyatakan bahwa pelat *CFRP* yang dilekatkan pada bagian bawah balok diperhitungkan sebagai satu kesatuan struktur yang menerima beban bersama-sama. Aksi komposit tersebut hanya dapat terjadi karena adanya lekatan yang baik antara kedua bahan tersebut. Peran *bond* sangat penting dalam menyalurkan tegangan dari beton ke *CFRP* atau sebaliknya. Kegagalan balok

beton bertulang yang diperkuat dengan pelat *CFRP* selalu diawali dengan *debonding* pada pelatnya.

Purwanto (2001) melakukan penelitian menggunakan 7 buah benda uji balok, 1 buah balok normal, dan 6 buah benda uji balok yang dibakar pada suhu 800°C selama 3 jam. Pada sisi bawah/lentur diberi perkuatan carbon fiber *Strips*, dan pada bidang geser dengan carbon *wrapping* 1 lapis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model balok beton bertulang sampai suhu 800°C selama 3 jam terjadi retak rambut disepanjang permukaan merubah warna menjadi abu-abu, menurunkan kuat tekan beton sampai 55,152%, kekakuan sebesar 28,81%, daktalitas sebesar 31,44%, kuat lentur ultimit sebesar 13,12% dan kuat geser ultimit sebesar 13,12%. Setelah model diperkuat pada daerah lentur dengan carbon fiber *strips* pada bagian bawahnya maka kekakuan akan meningkat sebesar 2,41%, kuat lentur ultimit naik sebesar 6,06%, kuat geser ultimit 6,06%, sementara daktalitas turun sebesar 18,01% terjadi pola keruntuhan geser yang bersifat getas. Setelah model diperkuat lentur dengan carbon fiber *strips* pada sisi bawah dan perkuatan geser dengan carbon *wrapping* 1 lapis, melihat pada sisi bawah dan kedua badan balok maka kekakuannya akan naik sebesar 8,04%, kuat lentur ultimit sebesar 75,68% dan kuat geser ultimit sebesar 75,68% sementara daktalitas turun sebesar 44,19%, keruntuhan yang terjadi adalah pola keruntuhan lentur yang bersifat daktil tetapi terjadi *debonding failure* antara sisi beton dengan sisi carbon *wrapping*.

Shahawy dkk (1999) menunjukkan bahwa pengaruh pelapisan *CFRP* sebanyak 1,2,3 dan 4 lapis pada bagian bawah dan badan balok beton bertulang

(*full wrapped*) akan meningkatkan kapasitas lentur masing–masing sebesar 19%, 44%, 59%, dan 70% dibandingkan balok tanpa dilapisi *CFRP* untuk pembebanan statis, kemampuan membawa momen (*moment-carrying capacity*) saat beban ultimit dibanding pada saat baja leleh untuk pelapisan 1, 2, 3 dan 4 lapis akan meningkat masing – masing sebesar 26%, 31%, 37% dan 39%, model keruntuhan yang terjadi untuk balok kontrol adalah tipe keruntuhan daktail dengan tipe keruntuhan lentur, untuk pelapisan 2 lapis *CFRP* spesimen akan runtuh setelah baja tulangan putus sedang untuk pelapisan 3 dan 4 lapis baja tulangan dan *CFRP* akan runtuh setelah terjadi kehancuran beton. Untuk pelapisan 2 lapis pada bagian bawah saja (*partially wrapped*) tegangan ultimitnya akan naik sebesar 11% dibanding balok tanpa perkuatan.

Nguyen dkk (2001) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penambahan plat *carbon fiber reinforced polymer (CFRP)* menunjukkan adanya peningkatan kapasitas ultimit balok sampai 132% dengan bentuk kegagalan yang tergantung pada panjang pelat *CFRP*. Jenis kegagalan yang terjadi antara lain kegagalan lentur dan pecahnya beton antara plat *CFRP* dan tulangan longitudinal pada bagian ujung plat *CFRP*, kegagalan pecahnya beton terjadi ketika balok diperkuat dengan pelat *CFRP* dengan panjang pelat terbatas.

Iswari (2004) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa perkuatan lentur dengan 3 variasi penambahan tulangan pada balok beton bertulang akan meningkatkan kapasitas lentur 3 balok uji masing-masing sebesar 63,04%, 139,95% dan 124,14%, serta meningkatkan kekakuan balok sebesar 14,03%, 41,04% dan 100,18% dibandingkan terhadap balok kontrol.

Dewobroto (2005) melakukan analisis non linear untuk mensimulasi keruntuhan balok beton bertulang dengan program yang berbasis metode elemen hingga *ADINA* (2003). Dalam pemodelan ini, dianggap baja sebagai material homogen yang propertinya terdefinisi dengan jelas dan material beton merupakan material heterogen dari semen, mortar dan agregat batuan, yang properti mekaniknya bervariasi dan tidak terdefinisi dengan pasti dianggap material homogen dalam konteks macro. Sebagai benchmark data uji balok eksperimen, Dewobroto menggunakan seri pengujian balok dari Universitas Toronto (Vechio dan Shim, 2004).

