

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Konstruksi balok memegang peran yang sangat penting dalam kestabilan suatu struktur, perancangan balok pada umumnya sesuai dengan standar perencanaan dan kebutuhan, serta diusahakan untuk tidak terjadi retak akibat beban atau gaya yang terjadi. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, diberikanlah perkuatan struktur pada balok. Perkuatan struktur mempunyai beberapa jenis penerapan, baik secara internal maupun eksternal. Penggunaan *FRP bar* adalah salah satu contoh perkuatan secara internal. Beberapa kelebihan yang dimiliki *FRP* antara lain bobotnya yang ringan, sehingga tidak terjadi penambahan beban mati atau beban balok itu sendiri serta tahan terhadap korosi sehingga memiliki durabilitas yang baik.

Seiring dengan banyaknya penggunaan *FRP* sebagai perkuatan struktur beton, terdapat berbagai jenis sistem perkuatan, contohnya seperti perkuatan struktur dengan plat baja, namun memiliki banyak resiko dan kelemahan sehingga peneliti lebih menganjurkan penggunaan perkuatan dengan *FRP*. Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, perkuatan struktur dengan *FRP* memiliki hasil yang sesuai dengan target, yaitu bertambahnya kapasitas lentur maupun geser seiring dengan penggunaan perkuatan *FRP*.

*FRP* dapat digunakan sebagai penambah atau perkuatan kapasitas lentur maupun geser dari kolom, balok, serta pelat lantai. *FRP* yang berupa lembaran

(*sheet*) dapat diletakkan di sisi balok untuk perkuatan geser dan ada pula yang berupa batangan (*bar*) dapat digunakan sebagai tulangan untuk mengatasi balok yang mengalami peregangan tegangan lentur.

Umumnya penggunaan *FRP* lebih populer karena memiliki banyak keunggulan diperoleh seperti bobot unit yang kecil, tahan terhadap korosi, biaya pemeliharaan yang relatif rendah, serta mudah dalam pengaplikasiannya. Ada pun kelemahan penggunaan *FRP* antara lain harga materialnya yang relatif mahal.

Dalam penelitian ini, pemodelan menggunakan *FRP* dengan bahan dasar serat Gelas (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) dengan perlakuan sebagai perkuatan lentur balok beton bertulang.

## **2.2 Eksperimen Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang dengan Hybrid FRP System**

Lau, D. dan Pam, H. J. (2010) melakukan studi eksperimental *Hybrid FRP Reinforced Concrete Beam* yaitu pembuatan balok beton bertulang dengan menggunakan kombinasi tulangan baja dan tulangan *GFRP*. Penelitian ini bertujuan untuk memahami perilaku lentur balok *FRP-RC (Fiber Reinforced Polymer-Reinforced Concrete)* di bawah perkiraan skala konstruksi melalui pendekatan eksperimental yang mencakup berbagai kasus desain *FRP-RC* dan untuk memberikan pedoman tentang peningkatan daktilitas balok *FRP-RC*. Pengujian menggunakan balok dengan dimensi 280 mm x 380 mm x 4600 mm. Benda uji terdiri dari *Balanced-reinforced FRP-RC(G0.8-A90)*, *Over-reinforced FRP-RC (G2.1-A90)*, *Hybrid FRP-RC (G1.0-T0.7-A90, G0.6-T1.0-A90 dan G0.3-*

MD1.0-A90). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan daktilitas dari *Balanced-reinforced FRP-RC* (G0.8-A90) ke *Hybrid FRP-RC* (G0.3-MD1.0-A90) sebesar 8%, sedangkan dari *Over-reinforced FRP-RC* (G2.1-A90) ke *Hybrid FRP-RC* (G1.0-T0.7-A90 dan G0.6-T1.0-A90) masing masing sebesar 138% dan 159%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan tulangan baja dapat meningkatkan daktilitas baik pada *Balanced-reinforced FRPRC* dan *Over-reinforced FRPRC*.

Zhao, F. dan Chen, C. (2010) melakukan studi eksperimental tentang *GFRP-Concrete Hybrid Beam*. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi 150 mm x 250 mm x 2000 mm sebanyak empat balok *hybrid*(masing-masing dinamai FB1, FB2, FB3, dan FB4) dan dua balok beton bertulang konvensional(masing-masing dinamai RB1 dan RB2). Berdasarkan pengujian, hasil yang diperoleh yaitu kapasitas momen ultimit balok FB3 adalah 6 kali balok RB2 dengan nilai masing-masing 80 kNm dan 13,5 kNm. Disimpulkan juga bahwa dengan bertambahnya luas tulangan baja longitudinal, maka daya dukung balok *hybrid* juga meningkat meskipun pertambahannya tidak setinggi tulangan baja. Artinya *FRP* memainkan peran utama dalam daya dukung.

### **2.3 Pemodelan Hybrid FRP Reinforced Beam dengan Finite Element Analysis**

Al-Rahmani, A. dan Abed, F. H. (2013) dalam penelitiannya yang berjudul *Numerical Investigation of Hybrid FRP Reinforced Beam*, membandingkan perilaku lentur dan daktilitas balok pada eksperimen dengan FEA ABAQUS. Benda

uji yang dijadikan acuan berdasarkan dari penelitian oleh Lau, D. dan Pam, H. J. (2010). Hasil yang diperoleh dari studi komparasi tersebut menunjukkan kuat lentur *Hybrid FRP Reinforced Beam* pada eksperimen dan FEA ABAQUS memenuhi syarat perbandingan yaitu kurang dari 6%. Sedangkan untuk daktilitas antara hasil eksperimen dan FEA ABAQUS juga memenuhi syarat dengan perbandingan kurang dari 10%. Dari hasil studi komparasi tersebut dapat disimpulkan bahwa FEA ABAQUS dapat digunakan sebagai simulasi perkuatan balok dengan *GFRP* maupun *Hybrid* pada penelitian selanjutnya.

#### **2.4 Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang dengan Perkuatan GFRP dan CFRP**

Ginardi, I. P. (2014) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa menggunakan *CFRP* dan *GFRP* menunjukkan peningkatan kekuatan lentur balok yang signifikan. *CFRP* dapat menambah kekuatan lentur balok sampai 65,934%, sedangkan *GFRP* hanya sebesar 43,956%. Untuk perbandingan kedua material ini, *CFRP* lebih unggul dibandingkan *GFRP* dalam hal menambah kekuatan lentur.

#### **2.5 Pengaruh Variasi Pemasangan GFRP Terhadap Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang**

Deskarta, P. (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan lapis *GFRP* dengan arah serat  $0^{\circ}/90^{\circ}$ ,  $\pm 45^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$  pada balok beton bertulang dalam menahan gaya geser. Pengujian menggunakan balok dengan ukuran 100 mm x 150 mm x 9500 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan lapis *GFRP* mampu memberikan perkuatan geser pada balok

serta mengubah pola keruntuhan atau retak geser menjadi keruntuhan lentur. Penambahan jumlah lapis *GFRP* mampu meningkatkan kapasitas beban saat tulangan mencapai titik leleh rata-rata sebesar 12,48%. Sedangkan peningkatan yang terjadi untuk masing-masing arah serat  $0^\circ/90^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$  sebesar 13,744%, 11,374%, 12,322%. Penambahan lapis *GFRP* arah serat  $\pm 45^\circ$  tidak dapat bekerja secara maksimal karena terlepasnya rekatan antara beton dengan *GFRP*.

Luastika, G. N. dan Lingga A. A. (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *GFRP* dengan variasi jumlah lapisan dan variasi pola pemasangan terhadap perilaku lentur balok. Spesimen benda uji yaitu 12 balok beton bertulang yang memiliki dimensi 150 mm x 150 mm x 600 mm. Penggunaan perkuatan *GFRP* dengan variasi jumlah lapisan dan variasi pola pemasangan berpengaruh pada penambahan kapasitas kuat lentur balok. Balok I, balok dengan 1 lapis *GFRP* sisi bawah (BG1) mempunyai kuat lentur rata-rata 1304,99 MPa dengan persentase kuat lentur sebesar 153%. Balok II, dengan 2 lapis *GFRP* sisi bawah (BG2) memperoleh kuat lentur rata-rata sebesar 1119,05 MPa dengan persentase kuat lentur sebesar 117%. Balok III, dengan 1 lapis *GFRP* berbentuk *U-wrap* (BU1) memiliki kuat lentur rata-rata sebesar 1601,46 MPa dengan persentase kuat lentur sebesar 211%.