

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur di Indonesia pada saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat masif dan pesat. Pada pelaksanaannya, jenis material yang paling umum digunakan merupakan material beton konvensional. Beton tersebut tersusun atas 2 jenis bahan, yaitu bahan ikat dan bahan pengikat. Bahan ikat terdiri dari agregat kasar berupa batu kerikil dengan diameter 10 – 40 mm dan agregat halus berupa pasir. Sementara itu, bahan pengikat yang digunakan dalam campuran beton berupa semen.

Proses produksi semen sebagai bahan ikat beton tersebut ternyata menghasilkan emisi CO₂ yang dapat mencemari lingkungan. Menurut Energies (2019) dalam Prasetyo dkk (2019) Industri semen menyumbang sekitar 7% dari emisi CO₂ global. Sementara itu, menurut Bakhtyar dkk (2017), industri semen merupakan salah satu penyumbang emisi gas CO₂ terbesar dengan angka 900 kg CO₂ yang dilepaskan setiap satu ton produksi semen. Emisi CO₂ tersebut tentu saja memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Emisi gas tersebut dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon sehingga dapat menyebabkan efek *Global Warming*. Oleh karena itu, perlu dilakukan mitigasi pada penggunaan semen dalam dunia konstruksi agar efek kerusakan lingkungan dapat berkurang.

Mitigasi dalam rangka pengurangan emisi gas CO₂ pada industri semen dapat dilakukan dengan mencari bahan pengganti semen yang lebih ramah lingkungan.

Bahan pengganti semen yang umum digunakan adalah abu terbang atau *fly ash*. Abu terbang atau *fly ash* merupakan material sisa yang terbentuk dari hasil pembakaran batu bara berupa partikel halus. *Fly ash* termasuk kedalam bahan anorganik dan tergolong kedalam jenis limbah B3. Pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dalam campuran beton tentu saja juga dapat mengurangi limbah B3 yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara.

Fly ash mempunyai karakteristik yang khas karena mempunyai kandungan silica (SiO_2) yang tinggi. Kandungan silica yang tinggi tersebut menjadikan *fly ash* sebagai material yang cocok sebagai bahan pengganti semen. Silica (SiO_2) tersebut membentuk *fly ash* mempunyai sifat *pozzolanic*, dimana sifat tersebut merupakan salah satu sifat yang terkandung dalam semen. *Fly ash* tersebut akan terbentuk menjadi senyawa bersifat mengikat atau *cementitious* apabila bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) (Prasetyo dkk, 2019).

Penggunaan *fly ash* dengan kadar yang tinggi sebagai bahan pengganti semen dalam campuran beton tergolong ke dalam beton berjenis *High Volume Fly Ash Concrete* (HVFAC). Prasetyo dkk (2019) menyebutkan bahwa kadar penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen dalam beton HVFAC setidaknya bernilai 50% untuk setiap campuran. Penggunaan HVFAC dalam sebuah proyek konstruksi memberikan beberapa keuntungan seperti peningkatan kelecakan beton (*workability*), kemudahan pada saat proses *finishing* permukaan beton, *drying shrinkage & creep*, serta adanya peningkatan durabilitas beton (Marthinus dkk, 2015). Pada pelaksanaan di lapangan, untuk mempermudah pekerjaan maka dapat digunakan juga teknologi beton dengan sistem *self compactibility*. Sistem tersebut

akan membuat campuran beton mempunyai sifat mengalir mengisi ruang dan dapat memadat dengan sendirinya. Teknologi tersebut disebut dengan istilah *Self Compacting Concrete* (SCC). Kombinasi antara HVFAC dengan teknologi *Self Compacting Concrete* diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pekerjaan di lapangan tanpa mengesampingkan efek kerusakan lingkungan.

Secara umum terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari struktur beton bertulang. Beberapa faktor tersebut diantaranya adalah umur bangunan, efek dari kebakaran bangunan, adanya korosi pada baja tulangan, terjadinya beban kejut akibat benturan seperti *vehicle impact*, dan adanya cacat pada saat proses desain bangunan. Terdapat beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan perkuatan struktur beton.

Terdapat beberapa jenis perkuatan beton yang umum digunakan di dunia konstruksi. Salah satu jenis yang populer digunakan adalah menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* atau CFRP. CFRP sendiri mempunyai beberapa keuntungan seperti tahan terhadap korosi, mempunyai kuat tarik yang tinggi, mempunyai tingkat daktilitas yang tinggi, serta mempunyai berat yang relatif ringan (Sumargo dkk, 2014). CFRP umumnya digunakan sebagai material perkuatan lentur dan perkuatan geser pada elemen balok dan kolom.

Wibowo dkk (2020) melakukan penelitian terkait studi numerik pada salah satu jenis beton dengan menggunakan metode elemen hingga. Beton yang digunakan pada penelitian tersebut adalah beton geopolimer. Penelitian tersebut bertujuan untuk melakukan investigasi terhadap sifat lentur berupa *bending*

moment-curvature pada beton bertulang geopolimer. Elemen yang digunakan pada simulasi numerik pada penelitian tersebut adalah elemen balok yang mendapat pembebanan lentur (*flexural loading*). Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa hasil moment diagram secara numerikal cenderung sama dengan hasil momen diagram yang dihasilkan melalui uji laboratorium atau uji eksperimental.

Mengacu pada penelitian Wibowo dkk (2020) yang sudah dipaparkan, penulis bermaksud melakukan penelitian serupa dengan beberapa parameter pembeda. Penulis mengambil fokus penelitian dengan perkuatan struktur beton *High Volume Fly Ash* (HVFA) menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* atau CRFP. Perkuatan tersebut akan diaplikasikan untuk melakukan perkuatan secara lentur dan perkuatan secara geser. Peneliti juga berfokus pada penelitian dengan tipe numerikal, dimana akan dilakukan studi numerik dengan metode elemen hingga atau *finite element method* menggunakan bantuan program aplikasi berupa 3D-NLFEA *package*. Studi numerik tersebut akan dilakukan pada elemen balok T yang akan diberikan pembebanan secara lentur dan geser sesuai dengan kebutuhan penelitian. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan pembandingan atau validasi terhadap metode eksperimental yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penjelasan pada latar belakang maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana perilaku lentur balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* dengan analisis numerikal menggunakan Metode Elemen Hingga?.

2. Bagaimana perilaku geser balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* dengan analisis numerikal menggunakan Metode Elemen Hingga?.
3. Bagaimana perbandingan perilaku lentur dan geser balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* secara numerikal dan eksperimental?.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka didapat tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui perilaku lentur balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* secara numerikal dengan Metode Elemen Hingga.
2. Mengetahui perilaku geser balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* secara numerikal dengan Metode Elemen Hingga.
3. Mengetahui perbandingan perilaku geser dan lentur balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* secara numerikal dan eksperimental.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan mengenai perilaku numerik lentur balok T pada beton HFVA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* menggunakan Metode Elemen Hingga.

2. Menambah pengetahuan mengenai perilaku numerik geser balok T pada beton HVFA dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* menggunakan Metode Elemen Hingga.
3. Menambah pengetahuan mengenai analisis numerik dengan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*).

1.5 Batasan Penelitian

Adapun untuk batasan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Jenis beton yang digunakan dalam analisis merupakan beton *High Volume Fly Ash* (HVFA) *Self Compacting Concrete* dengan kadar fly ash sebesar 50 %.
2. Penelitian dilakukan pada benda uji balok T dengan ukuran sebagai berikut.

a. Perkuatan Lentur

1) Balok T dengan konfigurasi

b_f = 440 mm,

b_w = 120 mm,

h = 240 mm.

L = 3000 mm,

CFRP = 1 lembar dengan lebar 5 cm.

2) Balok T dengan konfigurasi

b_f = 440 mm,

b_w = 120 mm,

h = 240 mm.

L = 3000 mm,

CFRP = 1 lembar dengan lebar 10 cm.

b. Perkuatan Geser

1) Balok T dengan konfigurasi

b_f = 440 mm,

b_w = 120 mm,

h = 240 mm.

L = 3000 mm,

CFRP = 1 lembar dengan lebar 250 mm jarak 300 mm.

2) Balok T dengan konfigurasi

b_f = 440 mm,

b_w = 120 mm,

h = 240 mm.

L = 3000 mm,

CFRP = 1 lembar dengan lebar 100 mm jarak 150 mm.

3. Jenis perkuatan yang dilakukan terdiri dari 2 jenis perkuatan yaitu perkuatan geser dan perkuatan lentur.
4. Perkuatan balok T beton *High Volume Fly Ash* (HVFA) menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CRFP).
5. Analisis numerik dilakukan dengan Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method* (FEM).
6. Analisis numerik dilakukan dengan beberapa software pendukung sebagai berikut.
 - a. *Pre-Processing* : SALOME 9.3.0,
 - b. *Processing* : 3D-NLFEA V.2.8.0,

c. *Post-Processing* : Paraview 5.8.0.

7. Beban yang diperhitungkan dalam analisis balok T terdiri dari *flexural loading*.
8. Perilaku geser dan lentur balok T beton HVFA dengan perkuatan CFRP secara eksperimental mengacu pada hasil penelitian dari literatur lain.

