

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton konvensional merupakan material paling umum yang digunakan pada industri konstruksi. Pada pelaksanaannya beton konvensional membutuhkan material penyusun berupa semen sebagai bahan pengikat. Dewasa ini diketahui bahwa industri semen tersebut ternyata menjadi salah satu penyumbang emisi gas terbesar di dunia. Oleh karena itu, penggunaan semen perlu dibatasi agar dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Isu lingkungan tersebut perlu dilakukan adanya pembaharuan terhadap teknologi beton terutama dalam penggunaan semen sebagai material penyusun beton. Pada saat ini telah ditemukan teknologi beton dengan jenis *High Volume Fly Ash*, dimana pada jenis tersebut material semen akan disubstitusi dengan *fly ash* sebagai bahan pengikat. Jenis teknologi beton tersebut tentu saja perlu dilakukan penelitian mendalam agar efektif dan efisien apabila diaplikasikan di lapangan. Pada penelitian ini akan dibahas tentang perilaku numerik balok beton *High Volume Fly Ash* dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* dengan Metode Elemen Hingga.

2.2 Tinjauan Pustaka

2.2.1 Stress-Strain Response of High Volume Fly Ash Self-Compacting Concrete (HVFA-SCC) Under Uniaxial Loading and Its Effect on the Reinforced HVFA-SCC Nominal Strength

Kristiawan dkk (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mencari karakteristik mekanis dari beton HVFA-SCC. Proporsi kadar *fly ash* yang digunakan dalam campuran beton adalah sebesar 60%. Benda uji atau *specimens* yang digunakan pada penelitian tersebut berupa balok beton bertulang dengan ukuran 600 x 1000 cm dan bentang 1300 mm untuk pengujian kekuatan lentur. Sifat mekanis beton HVAC diuji menggunakan benda uji silinder dengan ukuran 75x150 mm dan 150x300 mm yang akan diberikan pembebanan aksial.

Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kurva tegangan-regangan beton HVAC terdapat perbedaan dengan beton normal. Beton HVAC memiliki kurva tegangan-regangan di bawah dari beton bertulang dengan persentase 64%. Perbedaan tersebut menyebabkan adanya perubahan persamaan yang digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang dihasilkan dari balok beton. Kekuatan lentur dari beton HVAC harus dilakukan perubahan dengan mengalikan faktor sebesar 0.64. Penelitian tersebut juga membuktikan bahwa terdapat persamaan hasil kekuatan nominal beton HVAC menggunakan prediksi teoritis dan hasil eksperimental.

2.2.2 Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang HVFA Memadat Sendiri dengan Kadar *Fly Ash* 60% Terhadap Beton Normal

Prasetyo dkk (2019) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mencari kapasitas geser pada beton bertulang HVAC. Proporsi kadar *fly ash* yang digunakan sama dengan penelitian pada sub bab sebelumnya, yaitu sebesar 60%. Benda uji yang digunakan berupa balok beton bertulang dengan ukuran penampang 10 x 15

cm dan bentang 150 cm. Pengujian dilakukan pada beton dengan umur 28 hari. Pembebanan dilakukan pada 2 titik balok pada jarak $1/3$ bentang balok.

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kapasitas geser balok beton HVAC memiliki perbedaan cukup signifikan dengan beton normal. Kapasitas geser balok beton HVAC didapatkan hasil lebih besar dari kapasitas geser balok beton normal. Persentase perbedaan kapasitas geser dari kedua jenis beton tersebut sebesar 60%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas geser beton normal umur 28 hari menunjukkan hasil sebesar 21,5 kN dan kapasitas geser beton HVFA-SCC 60% sebesar 26,125 kN. Grafik hubungan beban dan lendutan balok pada beton HVAC menunjukkan hubungan yang linier di awal namun terjadi ketidakproporsionalan pada saat akan mengalami keruntuhan (kondisi akhir). Hal tersebut bertolak belakang dengan grafik hubungan beban dan lendutan pada beton normal yang cenderung menunjukkan hasil yang linier dari awal hingga saat mengalami keruntuhan.

2.2.3 Numerical Investigation of Geopolymer Reinforced Concrete Beams Under Flexural Loading Using Finite Element Analysis

Wibowo dkk (2022) melakukan investigasi numerik terhadap balok beton geopolimer dengan pembebanan lentur. Metode yang digunakan untuk analisis numerik adalah menggunakan metode elemen hingga. Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan *bending moment-curvature* eksperimental yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan *bending moment-curvature* numerik dengan metode elemen hingga. Program aplikasi yang digunakan untuk melakukan analisis dengan metode elemen hingga adalah 3D-NLFEA *package*.

Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa investigasi numerikal yang dilakukan menggunakan metode elemen hingga menunjukkan hasil yang selaras dengan uji eksperimental. Kapasitas momen yang dihasilkan dari *software* 3D-NLFEA *package* untuk balok D1 menunjukkan nilai di bawah dari hasil uji eksperimental sebesar 1,3%. Hasil lain menunjukkan bahwa balok D2 mempunyai nilai kapasitas momen yang lebih besar dari uji eksperimental sebesar 2,4%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa konstitutif model menggunakan program aplikasi 3D-NLFEA *packages* sudah memadai untuk memprediksi perilaku lentur balok beton geopolimer.

2.2.4 Finite Element Modeling of Circular Reinforced Concrete Column Confined with CFRP under Eccentric Loading

Christianto dkk (2019) melakukan penelitian tentang pemodelan *finite element* menggunakan program 3D-NLFEA *package* untuk kolom lingkaran beton bertulang terkekang dengan CFRP dengan pembebanan eksentris. Sama seperti pada sub bab sebelumnya, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan hasil uji eksperimental dengan pemodelan numerikal menggunakan metode elemen hingga. Uji eksperimental sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya menggunakan benda uji kolom lingkaran dengan diameter 152 mm dan tinggi 6080 mm. Parameter yang ditinjau adalah perilaku dari kolom lingkaran beton bertulang terkekang CFRP pada saat mengalami pembebanan eksentris.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa analisa menggunakan 3D-NLFEA memiliki respon awal lebih kaku dibandingkan dengan program aplikasi Abaqus pada saat diberikan pembebanan aksial. Hasil tersebut menunjukkan bahwa

3D-NLFEA lebih mendekati hasil dari hasil uji eksperimental yang telah dilakukan. Spesimen dengan tipe C30 dan C40 juga menunjukkan hasil yang serupa dengan hasil uji eksperimental ketika dilakukan penambahan eksentrisitas terhadap beban aksial. Oleh karena itu, maka dapat disimpulkan bahwa program aplikasi 3D-NLFEA *packages* tersebut dapat dijadikan acuan dalam analisis untuk memprediksi hasil spesimen yang akan diuji secara eksperimental.

2.2.5 Flexural Behavior of Reinforced Concrete (RC) Beams Strengthened with Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) and ECC

Liu dkk (2023) melakukan penelitian tentang investigasi perilaku lentur pada balok beton bertulang dengan perkuatan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* dan *Engineering Cementitious Composite*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan analitikal menggunakan *prediction method* untuk memverifikasi hasil dari uji eksperimental. Hasil uji eksperimental menunjukkan bahwa terjadi *premature delamination* antara CFRP dengan beton apabila beton tersebut hanya menggunakan penulangan CFRP. Namun hal tersebut dapat dihindari dan cenderung berjalan efisien ketika digunakan sifat komposit antara material CFRP dan ECC. Penggabungan kedua material tersebut terbukti dapat meningkatkan beban retak sebesar 23-31%, beban leleh sebesar 4-6%, dan beban ultimit sebesar 5-10%. Hasil uji eksperimental tersebut dapat tervalidasi dengan adanya *prediction method* yang menunjukkan hasil relatif sama dengan tingkat error sebesar 5%.

2.2.6 Shear Strengthening of Reinforced Concrete T-Beams using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Anchored with CFRP Spikes

Penelitian ini dilakukan oleh Abdalla dkk pada tahun 2022. Penelitian ini menginvestigasi perkuatan geser balok T beton bertulang menggunakan *carbon fiber reinforced polymer* yang dilaminasi dengan *spike anchors*. Balok beton tersebut sebelumnya dilakukan perkuatan lentur untuk mencegah kegagalan lentur lalu dilakukan perkuatan geser menggunakan lembar CFRP yang diangkur menggunakan CFRP *spikes*. Benda uji yang digunakan berjumlah 6 benda uji dengan variasi sudut laminasi CFRP (45° dan 90°), panjang angkur tertanam (50 mm dan 75 mm), dan variasi diameter (10 mm dan 12 mm). Hasil pengujian didapatkan bahwa balok T beton bertulang dengan perkuatan geser CFRP akan mengalami peningkatan kapasitas geser sebesar 45% jika dibandingkan dengan balok kontrol tanpa perkuatan. Selain itu, dapat diketahui bahwa lembaran CFRP, diameter *dowel*, dan panjang angkur *spike* tertanam akan mempengaruhi kapasitas geser dan deformasi pada balok T beton bertulang.

2.2.7 Pengaruh *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) Terhadap Balok Beton Bertulang

Utami (2019) melakukan penelitian guna mencari pengaruh CRFP terhadap balok beton bertulang. Penelitian ini menggunakan lima buah benda uji berupa balok beton bertulang dengan ukuran 150 x 250 mm dan bentang 2000 mm. Pembebanan dilakukan pada satu titik di setiap tengah bentang balok. Hasil penelitian secara umum didapatkan bahwa kelima benda uji tersebut mengalami peningkatan kapasitas lentur setelah dilakukan perkuatan CFRP. Peningkatan kapasitas lentur untuk tiap benda uji secara berturut turut sebesar 104,04 kN, 119,52 kN, 161,28 kN, 162,64 kN, dan 173,16 kN.