

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian ini meliputi:

1. Hasil validasi kurva beban – lendutan menggunakan metode *Normalized Mean Square Error* (NMSE) antara pengujian eksperimental dengan numerikal pada balok kontrol dan perkuatan secara berturut-turut sebesar 0.0003 dan 0.00009. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa model numerikal balok menghasilkan kurva beban – lendutan dengan tingkat kemiripan yang sangat tinggi dengan model eksperimental dan valid digunakan sebagai data referensi tahapan penelitian selanjutnya. Perbandingan perilaku lentur balok meliputi kapasitas beban lentur, daktilitas, kekakuan, dan penyerapan energi model numerikal juga menunjukkan nilai yang mendekati model eksperimental dengan rasio hanya berkisar 0-5%;
2. Studi parametrik dengan variasi diameter CFRP menunjukkan peningkatan kapasitas beban ultimit pada seluruh balok perkuatan seiring dengan bertambah besarnya diameter batang. Hal ini didukung dengan nilai koefisien determinasi hubungan antara kedua variabel tersebut yang mendekati satu, yaitu sebesar 0.99. Rasio peningkatan beban ultimit paling besar terjadi pada BF – 10 mm dengan rasio sebesar 47%. Nilai kekakuan juga menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan pada BF – 10 mm sebesar 34%. Namun, kekakuan mengalami penurunan sebesar 1% pada BF – 6 mm. Selain itu, penurunan secara keseluruhan terjadi pada nilai daktilitas dan penyerapan energi balok perkuatan terhadap balok kontrolnya. Penurunan nilai paling kecil terjadi pada BF – 10 mm sebesar 53% untuk daktilitas ultimit dan 43% untuk daktilitas *failure*. Nilai penyerapan energi yang mengalami penurunan paling kecil terjadi pada BF – 10 mm sebesar 18%.

Pola retak yang dihasilkan cukup identik di mana tipe retakan merupakan retak lentur;

3. Studi parametrik dengan variasi kuat tekan beton menunjukkan peningkatan secara keseluruhan pada beban ultimit yang dapat ditahan oleh balok perkuatan. Peningkatan beban ultimit terbesar terjadi pada BF – 27.46 MPa, yaitu sebesar 39%. Peningkatan secara keseluruhan juga terjadi terhadap nilai kekakuan balok perkuatan dengan rasio paling tinggi sebesar 20% pada BF – 50 MPa. Namun, penurunan secara keseluruhan terjadi pada nilai daktilitas dan penyerapan energi. Penurunan nilai daktilitas ultimit dan *failure* balok paling kecil terjadi pada BF – 50 MPa dengan rasio secara berturut-turut sebesar 44% dan 41%. Kondisi yang sama juga terjadi pada nilai penyerapan energi di mana penurunan nilai paling kecil terjadi pada balok perkuatan dengan kuat tekan 50 MPa dengan rasio sebesar 26%. Pola retak dengan mutu beton yang tinggi retakannya lebih sedikit dari balok lainnya;
4. Studi parametrik dengan variasi jenis material perkuatan menunjukkan peningkatan kapasitas beban ultimit secara keseluruhan seiring dengan meningkatnya mutu material perkuatan yang digunakan pada balok. Pernyataan tersebut didukung dengan nilai koefisien determinasi antara kedua variabel yang mendekati satu, yaitu sebesar 0.99. Rasio peningkatan beban ultimit paling besar terjadi pada BF – AFRP sebesar 43% terhadap balok kontrolnya. Nilai kekakuan juga menunjukkan peningkatan dengan rasio paling tinggi sebesar 23% yang terjadi pada BF – AFRP. Namun, kekakuan juga mengalami penurunan pada BF – BFRP sebesar 2%. Penurunan secara keseluruhan juga ditunjukkan pada nilai daktilitas dan penyerapan energi. Penurunan nilai daktilitas ultimit dan *failure* paling kecil terjadi pada BF – AFRP dengan rasio secara berturut-turut sebesar

48% dan 46%. BF – AFRP juga menjadi balok perkuatan dengan penurunan nilai penyerapan energi paling kecil, yaitu sebesar 21%. Retakan pada balok dengan perkuatan material AFRP lebih sedikit terjadi. Hal ini disebabkan material AFRP merupakan material yang tegangan lelehnya lebih tinggi dibandingkan dua material lainnya;

5. Studi parametrik dengan variasi rasio penulangan menunjukkan peningkatan beban ultimit yang dapat ditahan oleh balok perkuatan seiring dengan semakin besarnya rasio penulangan. Hal tersebut selaras dengan nilai koefisien determinasi antara kedua variabel tersebut yang mendekati satu, yaitu sebesar 0.96 untuk balok kontrol dan 0.99 untuk balok perkuatan. Peningkatan beban ultimit paling besar terjadi pada BF – OR dengan rasio sebesar 59%. Nilai kekakuan juga menunjukkan peningkatan secara keseluruhan pada balok perkuatan dengan rasio paling signifikan sebesar 41% yang terjadi pada BF – OR. Penurunan secara keseluruhan terjadi pada nilai daktilitas dan penyerapan energi balok perkuatan. Nilai daktilitas ultimit dan *failure* dengan penurunan paling kecil terjadi pada BF – OR dengan rasio secara berturut-turut sebesar 47% dan 45%. Penurunan nilai penyerapan energi paling kecil juga terjadi pada BF – OR dengan rasio sebesar 18%. Pola retak geser terjadi pada balok BH-OR dan retak lentur terjadi pada balok BH-UR.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian kedepannya, antara lain:

1. Program numerikal yang digunakan untuk pemodelan, analisis, dan studi parametrik dapat divariasikan menggunakan program lainnya seperti Ansys, Abaqus, Response - 2000, atau Altair agar hasilnya dapat digunakan sebagai pembanding;

2. Program numerikal yang digunakan pada penelitian sebaiknya dalam *full version* atau berlisensi agar tidak terdapat batasan pada saat pemodelan dan mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat;
3. Penelitian selanjutnya dapat membahas aspek biaya dan kemudahan pengaplikasian material perkuatan agar dapat diketahui perbandingannya dengan material yang lain.

