

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan berbasis *Rigid Body Spring Model* (RBSM) yang didukung oleh pengujian eksperimental, kesimpulan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Pengujian eksperimental perilaku lekatan baja-CFRP menghasilkan model konstitutif lekatan yang didasarkan pada perilaku tegangan-regangan lapisan epoksi-CFRP dan serat terluar CFRP terimpregnasi epoksi. Model konstitutif ini mengadopsi bentuk bilinear, didefinisikan oleh nilai modulus tangensial (E_t) sebesar 136.000 MPa dan batasan tegangan plastis (σ_p) sebesar 397 MPa. Model lekatan ini diaplikasikan dalam pemodelan RBSM pada balok beton-CFRP.
2. Efektivitas model RBSM dalam memprediksi perilaku balok beton-CFRP (BF) terkonfirmasi melalui validasi komprehensif terhadap hasil eksperimental. Data eksperimental penerapan CFRP pada balok, dengan rasio panjang terhadap bentang sebesar 0,4, secara konsisten menunjukkan peningkatan signifikan terhadap kapasitas, dengan persentase perbaikan sebesar 43%. Validasi model RBSM menggunakan data eksperimental menunjukkan akurasi tinggi dalam merepresentasikan perilaku balok aktual. Hal ini dikonfirmasi oleh persentase deviasi respons beban-perpindahan yang dihasilkan kurang dari 10%, serta kesesuaian pola distribusi regangan lekatan beton-CFRP dan mode keruntuhan balok. Penerapan model lekatan dalam RBSM, yang diintegrasikan dengan proses ASM, secara efektif meningkatkan kesesuaian luaran. Studi parametrik model RBSM menunjukkan bahwa penambahan panjang CFRP secara signifikan meningkatkan kapasitas beban dan kekakuan balok, dengan prasyarat panjang penyaluran yang terpenuhi. Meskipun demikian, setelah panjang lekatan efektif tercapai, peningkatan kapasitas beban tidak lagi substansial. Penggunaan elemen segitiga dalam pemodelan RBSM 2D (BK-*Tri*) terbukti menghasilkan representasi perilaku beban-perpindahan yang lebih akurat, karena kemampuannya merefleksikan interaksi dan pergerakan partikel material secara lebih realistis.

3. Penerapan Analisis Sensitivitas Multikriteria (ASM) dalam RBSM berperan penting dalam mengidentifikasi parameter material beton yang paling berpengaruh. Hasil ASM, baik pada balok beton-CFRP (BF) maupun balok kontrol (BK), secara konsisten mengidentifikasi kuat tarik beton (F_t) sebagai parameter paling sensitif. Properti parameter material hasil ASM pada kedua tipe balok menunjukkan perbedaan nilai yang sangat kecil, dengan deviasi kurang dari 5%. Evaluasi QoI pada kriteria beban ultimit (P_u), disipasi energi (E_u), dan ketangguhan (*toughness*) struktur (T_g) menunjukkan hasil serupa, dengan penyimpangan kurang dari 10%. Metode ini efektif dalam menangani perilaku elemen struktural komposit beton-CFRP secara akurat, serta dapat mengakomodasi ketidaksempurnaan dalam suatu pengujian eksperimental.

6.2 Saran

Saran untuk penelitian lebih lanjut terkait pengembangan model lekatan dalam *Rigid Body Spring Model* (RBSM) disampaikan sebagai berikut:

1. Menginvestigasi lebih lanjut pengaruh kriteria keruntuhan material dalam model RBSM terhadap akurasi representasi perilaku lekatan CFRP.
2. Metode Analisis Sensitivitas Multikriteria (ASM) berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam sistem perkuatan struktur komposit dengan mengintegrasikan kriteria kekakuan awal struktur
3. Pengembangan model RBSM dapat diperluas untuk mencakup perkuatan eksternal dari berbagai tipe CFRP, seperti *plate*, *string*, dan *rod*. Hal ini penting mengingat setiap jenis CFRP memiliki karakteristik material, bentuk, dan metode aplikasi yang berbeda.
4. Pengembangan model lekatan dalam aplikasi desain perkuatan eksternal CFRP, dengan mempertimbangkan regangan sisa (*residual strain*) yang terjadi pada struktur eksisting selama kondisi layan.
5. Pengembangan terhadap model RBSM dengan mengintegrasikan material beton bertulang, untuk mengakomodasi interaksi antara kontribusi tulangan baja dan material CFRP dalam suatu sistem perkuatan eksternal struktur.

6. Pengembangan model RBSM dengan memperhitungkan pengaruh dimensi CFRP pada arah transversal balok. Implementasi pengembangan ini dapat dilakukan menggunakan analisis model RBSM 3D.
7. Pengembangan pemodelan metode elemen diskrit berbasis RBSM untuk menganalisis dan mengidentifikasi pengaruh variasi bentuk elemen terhadap luaran model.