

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan salah satu material komposit yang telah lama digunakan dalam bidang konstruksi, khususnya sebagai sistem perkuatan eksternal pada elemen struktur beton bertulang. Pada pelat beton yang memiliki bukaan, penurunan kapasitas beban dan kekakuan menjadi permasalahan utama sehingga diperlukan material perkuatan yang memiliki kekuatan dan kinerja mekanik yang tinggi, salah satunya adalah CFRP.

Dibandingkan dengan material FRP lainnya, seperti Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) dan Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP), CFRP memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi, meskipun dengan konsekuensi biaya yang relatif lebih mahal. Dalam aplikasinya, CFRP umumnya berbentuk lembaran atau pelat tipis yang direkatkan pada permukaan beton sebagai perkuatan eksternal pada elemen struktural, seperti balok dan pelat. Perekatan lembaran CFRP pada permukaan beton terbukti mampu meningkatkan kapasitas lentur dan geser, serta memperbaiki kekakuan struktur secara signifikan (Layang, 2021).

2.1 Penelitian penggunaan CFRP dalam meningkatkan kapasitas beban dan kekakuan

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) telah banyak digunakan sebagai material perkuatan pada struktur beton bertulang karena memiliki kuat tarik tinggi, berat ringan, serta ketahanan terhadap korosi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa CFRP efektif dalam meningkatkan kapasitas lentur, kekakuan, serta pengendalian retak, sehingga mampu memperbaiki kinerja struktur yang mengalami penurunan kapasitas akibat kerusakan atau perubahan fungsi.

Penelitian oleh Wang d(2024) menunjukkan bahwa pemasangan CFRP pada balok beton bertulang secara signifikan meningkatkan kapasitas beban lentur dan mengurangi deformasi. Selain itu, penggunaan U-wrap dan anchorage terbukti mampu menunda terjadinya debonding CFRP dan mengubah mode keruntuhan

menjadi lebih daktil. Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas CFRP sangat dipengaruhi oleh metode pemasangan dan mekanisme transfer gaya, yang juga relevan untuk pelat beton dengan kondisi diskontinuitas seperti bukaan.

Pada elemen pelat, Khadim dan Abdulridha (2024) meneliti pelat beton ringan yang diperkuat dengan lembaran CFRP dan menemukan peningkatan signifikan pada kapasitas lentur ultimit serta kemampuan CFRP dalam menahan propagasi retak. Hasil ini menunjukkan bahwa CFRP bekerja efektif sebagai tulangan tarik tambahan setelah beton mengalami retak awal. Namun, penelitian ini masih terbatas pada pelat tanpa bukaan, sehingga belum menggambarkan pengaruh CFRP pada pelat dengan perubahan jalur aliran gaya akibat bukaan. Studi lain oleh Zai dan Purba (2025) membandingkan berbagai metode retrofit CFRP pada balok beton bertulang dan menyimpulkan bahwa CFRP sheet memberikan peningkatan kekakuan dan kapasitas beban yang lebih dominan dibandingkan CFRP rod. Hal ini menunjukkan bahwa luas penampang dan pola distribusi CFRP berperan penting dalam menahan gaya tarik, yang menjadi aspek krusial ketika CFRP diaplikasikan di sekitar bukaan pada pelat beton. Selain elemen lentur, Sandjaya dan kawan-kawan (2024) menganalisis perkuatan CFRP pada sambungan balok-kolom dan menemukan peningkatan kapasitas sambungan hingga sekitar 25%. Penelitian ini menegaskan bahwa CFRP efektif digunakan pada zona kritis dengan konsentrasi tegangan tinggi, kondisi yang juga terjadi di sekitar bukaan pelat beton, terutama pada sudut-sudut bukaan.

Selanjutnya, Nadila dan Gunadi (2025) meninjau penggunaan metode Near-Surface Mounted (NSM) CFRP pada balok beton bertulang dan melaporkan peningkatan kapasitas lentur hingga sekitar 35,67%. Metode NSM dinilai lebih unggul dalam mengurangi risiko debonding serta melindungi CFRP dari pengaruh lingkungan. Pendekatan ini berpotensi diterapkan pada pelat beton dengan bukaan, khususnya untuk meningkatkan efektivitas perkuatan di area sekitar bukaan. Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa CFRP terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja berbagai elemen beton bertulang. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada balok atau pelat tanpa bukaan, sementara studi mengenai pelat beton dengan bukaan yang diperkuat CFRP masih terbatas,