

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan karena tersedia melimpah, mudah dibuat, dan memiliki kuat tekan yang tinggi. Namun, beton memiliki kekurangan yaitu kuat tariknya yang rendah serta dapat mengalami penurunan performa akibat bertambahnya usia dan pengaruh dari lingkungan. Selain itu, ada risiko kerusakan beton dikarenakan beban berlebih akibat perubahan fungsi struktur konstruksi. Struktur beton yang dibangun sesuai standar lama juga tidak memenuhi persyaratan teknis standar baru sehingga diperlukan upaya perkuatan. Salah satu upaya perkuatan beton yaitu menggunakan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) melalui pemasangan eksternal pada beton. Keunggulan dari GFRP yaitu kekuatan tarik yang tinggi, bentuknya yang tipis dan ringan, serta relatif lebih murah dibanding material serupa lainnya. Berkat kekuatan tariknya yang tinggi, GFRP dapat digunakan sebagai perkuatan lentur pada balok beton. Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian terkait perkuatan lentur menggunakan GFRP. Namun, penelitian tersebut dilakukan pada balok beton bertulang yang di dalamnya terdapat baja tulangan yang juga akan memberikan kontribusi kekuatan tarik pada balok beton. Oleh karena itu diperlukan adanya penelitian terkait pengaruh murni dari kekuatan tarik GFRP sebagai perkuatan lentur balok beton polos.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah lapisan GFRP arah serat 0° sebagai perkuatan lentur eksternal dengan pemasangan secara penuh pada bagian bawah balok beton polos ukuran 500 mm x 100 mm x 100 mm. Terdapat 1 balok beton kontrol (BK) dan 2 balok beton dengan 1 lapis dan 2 lapis perkuatan GFRP (BG0-1 dan BG0-2). Pengujian kuat lentur dilakukan dengan metode 2 titik pembebanan sampai terjadi keruntuhan. Hasil pengujian eksperimental lalu digunakan untuk membuat model simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* ABAQUS. Idealisasi model menggunakan elemen *solid* untuk beton dan *shell* untuk GFRP. *Input* material beton dan GFRP menggunakan hasil analisis eksperimental dan data penelitian sebelumnya.

Hasil eksperimental menunjukkan bahwa perkuatan lentur 1 lapis dan 2 lapis GFRP masing-masing mampu meningkatkan 79% dan 132% kuat lentur balok beton. Semakin banyak lapisan GFRP yang digunakan maka akan semakin meningkatkan kuat lentur dari balok beton. Perkuatan lentur GFRP juga secara signifikan meningkatkan lendutan dan beban maksimum yang bisa ditahan oleh balok beton. Sementara itu, hasil simulasi numerik telah menunjukkan hasil yang cukup mirip terhadap hasil eksperimental dengan nilai selisih di bawah 5%. Hasil eksperimental dan simulasi numerik juga menunjukkan jenis kegagalan lentur pada BK dan BG0-1 serta jenis kegagalan geser pada BG0-2. Hasil simulasi numerik tervalidasi dengan cukup baik terhadap hasil eksperimental.

Kata kunci: balok beton, perkuatan GFRP, kuat lentur, eksperimental, simulasi numerik.

ABSTRACT

Concrete is a widely used construction material because it is abundantly available, easy to produce, and has high compressive strength. However, concrete has drawbacks, such as low tensile strength and a tendency to deteriorate over time due to environmental factors. Additionally, concrete structures face the risk of damage from excessive loads due to changes in the structure's function. Structures built according to old standards do not meet the technical requirements of new standards, necessitating reinforcement efforts. One method of reinforcing concrete is the use of Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) applied externally to the concrete. GFRP's advantages include high tensile strength, a thin and lightweight form, and relatively lower cost compared to similar materials. Due to its high tensile strength, GFRP can be used to provide flexural reinforcement for concrete beams. Previous research has extensively studied the use of GFRP for flexural reinforcement. However, these studies have focused on reinforced concrete beams containing steel reinforcement, which also contributes to the beam's tensile strength. Therefore, research is needed to investigate the pure effect of GFRP's tensile strength as flexural reinforcement for plain concrete beams.

This research was conducted to determine the effect of varying number of GFRP layers with 0° fiber orientation as external flexural reinforcement through full installation on the bottom of plain concrete beams measuring 500 mm x 100 mm x 100 mm. There was one control concrete beam specimen (BK) and two concrete beams specimen with 1 layer and 2 layers of GFRP reinforcement (BG0-1 and BG0-2). The flexural strength testing was conducted using the 2-point loading method until failure. The experimental test results were then used to validate a numerical simulation model developed using the finite element method using ABAQUS software. The model idealization used solid elements for concrete and shell elements for GFRP. The material input for concrete and GFRP used the results of experimental analysis and previous research data.

The experimental results showed that 1-layer and 2-layers GFRP flexural reinforcement could increase the flexural strength of concrete beams by 79% and 132%, respectively. The more GFRP layers used, the greater the increase in the flexural strength of the concrete beams. GFRP flexural reinforcement also significantly increased the deflection and maximum load that the concrete beams could withstand. Meanwhile, the numerical simulation results closely matched the experimental results, with a difference of less than 5%. The experimental and numerical simulation results also showed flexural failure types in BK and BG0-1, and shear failure types in BG0-2. The numerical simulation results were well-validated against the experimental results.

Keywords: concrete beam, GFRP reinforcement, flexural strength, experimental, numerical simulation.