



# Pengaruh *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) Terhadap Kekuatan Geser Balok Beton Bertulang

Dhea Alfina Fanisa Putri\*, Endah Kanti Pangestuti

Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Negeri Semarang  
Sekaran, Kec. Gunungpati, Kota  
Semarang, Jawa Tengah 50229  
[dheaalfina@students.unnes.ac.id](mailto:dheaalfina@students.unnes.ac.id)  
[endahkp@mail.unnes.ac.id](mailto:endahkp@mail.unnes.ac.id)

## ABSTRAK

Jarak tulangan baja dan beton memengaruhi kapasitas momen, untuk itu tulangan baja diletakkan di serat tarik terjauh. Namun, aksi komposit antara tulangan baja dan beton tidak akan tercapai. Terdapat inovasi untuk meningkatkan kekuatan struktur beton bertulang menggunakan material non-logam berbahan dasar karbon yang memiliki kuat tarik lebih tinggi dibandingkan tulangan baja. Penelitian dilakukan dengan pemasangan CFRP di bagian geser balok dengan sudut  $45^{\circ}$ . Hasil penelitian menunjukkan balok CFRP terbukti efektif dalam menahan geser ditinjau dari retak geser yang terjadi pada balok CFRP saat penambahan beban 46,51 kN. CFRP meningkatkan kapasitas geser balok dengan pola keruntuhan dari lentur-geser menjadi lentur saja.

**Kata kunci:** Balok Beton Bertulang; CFRP; Kekuatan Geser; Pola Keruntuhan

## ABSTRACT

*The distance between the steel reinforcement and the concrete affects the moment capacity, for that the steel reinforcement is laid on the farthest tensile fiber. However, the composite action between steel reinforcement and concrete will not be achieved. There are innovations to increase the strength of reinforced concrete structures using carbon-based non-metallic materials that have a higher tensile strength than steel reinforcement. The research was carried out by installing CFRP on the sliding part of the beam with an angle of  $45^{\circ}$ . The results showed that CFRP beams were proven to be effective in resisting shear from the shear cracks that occurred on CFRP beams when adding a load of 46.51 kN. CFRP increases the shear capacity of the beam with a collapse pattern from bending-shear to bending only.*

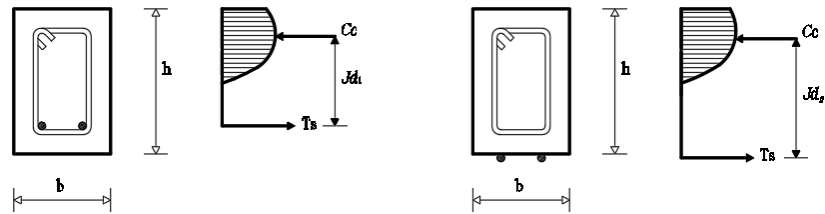
**Keywords:** Reinforced Concrete Beam; CFRP; Shear Strength; Collapse Pattern

## 1. PENDAHULUAN

Dalam konstruksi bangunan, beton adalah material yang paling umum digunakan. Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, kemudahan pembentukannya, dan ketersediaan material penyusunnya yang melimpah. Namun, beton memiliki kekurangan pada kuat tariknya yang rendah. Oleh karena itu, beton umumnya dikombinasikan dengan bahan lain yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi seperti baja tulangan atau baja profil yang membuat struktur komposit beton bertulang.

Pada struktur beton bertulang seperti balok, penempatan tulangan baja (jarak  $J_d$ ) di dalam beton bertulang memengaruhi kapasitas momen yang dihasilkannya. Semakin jauh jarak  $J_d$ , semakin besar kapasitas momen. Oleh karena itu, tulangan harus diletakkan di serat tarik balok paling jauh, sehingga  $J_{d2} > J_{d1}$  dan  $M_2 > M_1$ . Namun, aksi komposit yang diharapkan tidak akan terjadi karena lekatan antara tulangan baja dan beton tidak tersedia cukup. Selain itu, baja tulangan sangat rentan terhadap korosi apabila tanpa perlindungan.

Corresponding Author:  
✉ Dhea Alfina Fanisa Putri  
Accepted on: 2025-06-16



**Gambar 1.** Pengaruh penempatan tulangan baja terhadap jarak  $J_d$   
(Sumber: Pangestuti et al., 2020)

Keterangan:

- $C_c$  = Gaya tekan beton  
 $T_s$  = Gaya tarik tulangan baja  
 $J_d$  = Jarak dari  $C_c$  sampai  $T_s$

Di sisi lain, terdapat inovasi untuk meningkatkan kekuatan struktur beton bertulang dengan menggunakan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*). CFRP merupakan material komposit yang terdiri dari serat karbon yang diperkuat dengan resin polimer, yang menawarkan rasio kekuatan tarik yang lebih tinggi dari baja tulangan yaitu 2800 MPa, ketahanan terhadap korosi, ringan, dan proses pemasangannya yang mudah (Tuwanakotta & Tarigan, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan CFRP terhadap kapasitas beban, peningkatan kekuatan geser balok beton bertulang dan mempelajari pola retak balok beton bertulang tanpa perkuatan dan balok beton bertulang dengan perkuatan CFRP.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Benda Uji Penelitian

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok beton bertulang dengan ukuran  $100 \times 10 \times 13$  cm.

**Tabel 1.** Variasi Benda Uji Penelitian

Kode Sampel	Gambar Sampel	Jumlah Sampel
BK		1
BV1		2
BV2		2

- a. BK adalah balok beton bertulang tanpa CFRP, yang berfungsi sebagai balok kontrol.
- b. BV1 adalah balok beton bertulang yang dipasang CFRP pada posisi miring  $45^{\circ}$  sejumlah 8 *strip* dengan jarak antar *strip* adalah 140 mm.
- c. BV2 adalah balok beton bertulang yang dipasang CFRP pada posisi miring  $45^{\circ}$  sejumlah 12 *strip* dengan jarak antar *strip* adalah 70 mm.

## 2.2 Set Up Pengujian

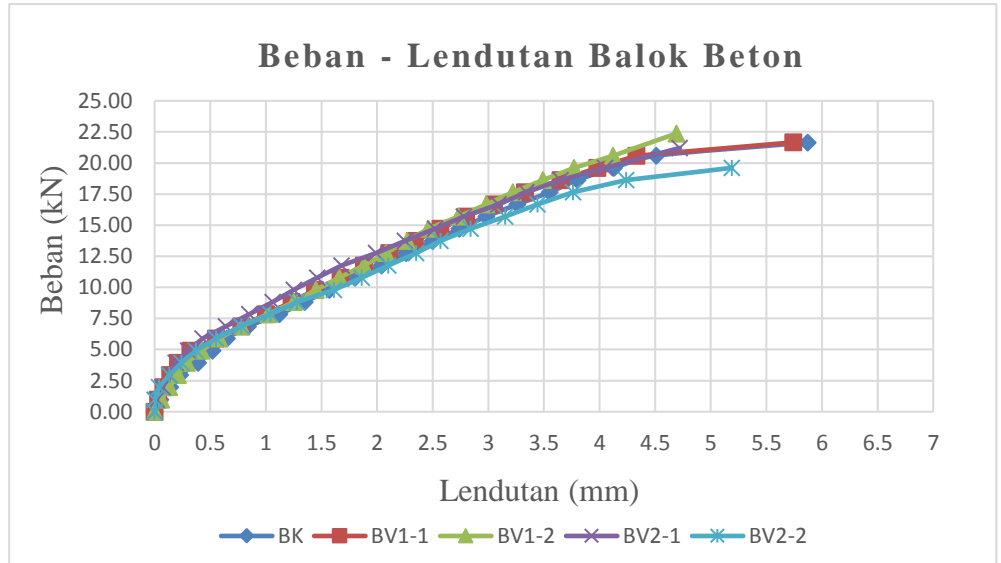
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dalam skala laboratorium. Pengujian balok beton menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Benda uji ditempatkan pada *Loading Frame* dengan tumpuan yang dikondisikan sendi-roll di kedua ujungnya. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban yang bersifat statik dengan interval kenaikan 0,98 kN. Bentang bersih balok 900 mm dan pembebanan dilakukan secara simetris pada dua titik dengan jarak 300 mm antar titik pembebanan. Untuk mengidentifikasi pola retak pada beton bertulang, permukaannya dilapisi cat putih dan diberi garis tegak lurus dengan jarak 25 mm. Untuk mengetahui defleksi pada balok dipasang LVDT (*Linear Variable Displacement Transducers*) di tengah balok. Pembebanan dilakukan secara bertahap dengan interval kenaikan beban sebesar 0,98 kN. Pembebanan akan dihentikan apabila benda uji sudah runtuh atau pembacaan beban tidak bertambah. *Setting up* alat dan pembebanan dari model balok beton bertulang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Set Up Pengujian Balok Beton Bertulang

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Beban Ultimit Hubungan beban dan lendutan dari hasil pengujian balok beton bertulang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hubungan Beban - Lendutan Balok Beton Bertulang

Tabel 2 Beban Maksimum Balok Beton Bertulang

Kode Sampel	Beban Maksimum (kN)
BK	21,65
BV1-1	21,66
BV1-2	22,37
BV2-1	21,21
BV2-2	19,61

Dari Gambar 3, balok BK mencapai beban ultimit sebesar 21,65 kN, balok BV1-1 mencapai 21,66 kN, balok BV1-2 mencapai 22,37 kN, balok BV2-1 mencapai 21,21 kN, dan balok BV2-2 mencapai 20,98 kN. Penambahan CFRP pada bagian geser balok beton tidak dapat meningkatkan beban ultimit balok beton secara signifikan. Hanya balok BV1-1 dan BV1-2 yang meningkatkan beban ultimit beton sebesar 0,05% dan 3,33% sedangkan balok BV2-1 dan BV2-2 beban ultimit beton menurun sebesar 2,03% dan 9,42%.

### 3.2 Lendutan

Tabel 3 Lendutan Maksimum Balok Beton Bertulang

Kode Sampel	Lendutan Maksimum (mm)
BK	5,87
BV1-1	5,74
BV1-2	4,69
BV2-1	4,72
BV2-2	5,19

Defleksi balok diukur berdasarkan lendutan maksimum yang terjadi. Berdasarkan Tabel 4. 3 lendutan maksimum pada balok BK sebesar 5,87 mm,

balok BV1-1 sebesar 6,74 mm, balok BV1-2 sebesar 4,69 mm, balok BV2-1 sebesar 4,72 mm, dan balok BV2-2 sebesar 5,96 mm. Penambahan CFRP pada keempat balok menurunkan defleksi terhadap balok normal. Penurunan defleksi sebesar 2,21%, 20,10%, 19,59%, dan 11,58%.

### 3.3 Kuat Geser

Tabel 4 Kuat Geser Eksperimen dan Teoritis

Kode Sampel	Kuat Geser (kN)		Perbedaan (%)
	Eksperimen	Teoritis	
BK	4,90	4,40	11,39
BV1-1	21,66	46,51	-53,43
BV1-2	22,37	46,51	-51,91
BV2-1	21,21	46,51	-54,40
BV2-2	19,61	46,51	-57,84

Berdasarkan Tabel 4. 43, retak geser pertama pada balok BK muncul saat penambahan beban sebesar 4,90 kN. Berdasarkan perhitungan teoritis, balok BK hanya mampu menahan geser sebesar 4,40 kN. Perhitungan teoritis balok yang diperkuat dengan CFRP menunjukkan bahwa balok mampu menahan geser hingga 46,51 kN. Namun, saat pengujian angka tersebut tidak tercapai dikarenakan balok beton sudah lebih dulu runtuh akibat lentur sehingga retak geser tidak terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan CFRP pada balok beton di area geser terbukti efektif dalam menahan geser.

### 3.4 Pola Keruntuhan

Pola keruntuhan balok selama pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 serta Gambar 4, 5, 6, 7, dan 8.

Tabel 5 Pola Keruntuhan Balok Beton Bertulang

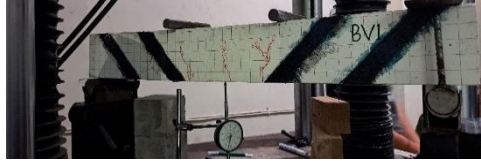
Kode Sampel	Beban Ultimit (kN)	Pola Keruntuhan
BK	21,65	Lentur – Geser
BV1-1	21,66	Lentur
BV1-2	22,37	Lentur
BV2-1	21,21	Lentur
BV2-2	19,61	Lentur



Gambar 4. Pola Keruntuhan BK



**Gambar 5.** Pola Keruntuhan BV1-1



**Gambar 6.** Pola Keruntuhan BV1-2



**Gambar 7.** Pola Keruntuhan BV2-1



**Gambar 8.** Pola Keruntuhan BV2-2

#### 4. KESIMPULAN

- a. Penambahan CFRP di daerah geser balok tidak memberikan peningkatan signifikan terhadap kapasitas beban. Pemasangan CFRP di bagian samping balok sejumlah 8 *strip* secara miring  $45^{\circ}$  dilakukan pada BV1-1 dan BV1-2 meningkatkan kapasitas beban sebesar 0,05% dan 3,33%. Pada BV2-1 dan BV2-2, CFRP dipasang di bagian samping balok sejumlah 12 *strip* yang dipasang miring  $45^{\circ}$ , kapasitas beban menurun sebesar 2,03% dan 9,42%.
- b. Pemasangan CFRP pada balok beton bertulang dapat meningkatkan kekuatan geser secara efektif. Dari pengujian tersebut diperkirakan balok yang diperkuat CFRP akan runtuh akibat geser saat penambahan beban 46,51 kN. Namun, saat pengujian angka tersebut tidak tercapai karena balok sudah lebih dulu mengalami keruntuhan lentur sehingga retak geser tidak terlihat.
- c. Pola keruntuhan yang terjadi pada balok dengan penambahan CFRP adalah keruntuhan lentur. Pemasangan CFRP di daerah geser menunjukkan efektivitas CFRP dalam meningkatkan kapasitas geser.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pangestuti, E. K., Prihanantio, J., Sipil, T., Teknik, F., Semarang, U. N., Sipil, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Sipil, T., Teknik, F., Islam, U., & Agung, S. (2020). *Kekuatan lentur balok beton bertulang cfrp*. 59–72.

- 
- [2] Tuwanakotta, E., & Tarigan, T. (2020). Pengaruh Variasi Jarak antar Strip CFRP terhadap kekuatan geser balok beton bertulang. *Jurnal Karkasa*, 6(variasi jarak, CFRP, kekuatan geser, beton bertulang), 34–38.
- [3] Deng, Y., Ma, F., Zhang, H., Wong, S. H., Pankaj, P., Zhu, L., ... & Bahadori-Jahromi, A. (2021). Experimental study on shear performance of RC beams strengthened with NSM CFRP prestressed concrete prisms. *Engineering Structures*, 235, 112004.
- [4] Maiman, A. 2013. Carbon fiber reinforced polymer. [http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_fiber-reinforced\\_polymer](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_fiber-reinforced_polymer). (diakses 23 Oktober 2024).
- [5] S. M. S. Syed Mazlan, S. R. Abdullah, S. Shahidan, and S. R. Mohd Noor, "Failure behaviour of concrete prisms strengthened by various bond widths of carbon fibre reinforced polymer (CFRP)," in *MATEC Web of Conferences: ISCEE*, Apr. 2017, vol. 103, 10.1051/mateconf/201710302015
- [6] Utami, S. R. L., & Sutantiningrum, K. H. (2019). Analisis Perhitungan Geser Balok Normal Dengan Geser Balok Perlakuan Carbon Fiber Reinforced Polymer (Cfrp) Terhadap Balok Beton Bertulang. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 4(1), 35-47.
- [7] Nurlina, S., Suseno, H., Hidayat, M. T., & Pratama, I. M. Y. (2016). Perbandingan daktilitas balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP dan GFRP. *Rekayasa Sipil*, 10(1), 62-69.
- [8] Mervat, Beramly., Mu'tasim, Abdel, Jaber., Hasan, Katkhuda., Nasim, Shatarat., Malak, M., Al-diseet. (2022). 16. Shear strengthening and rehabilitating of reinforced concrete t-beams using externally carbon fiber reinforced polymer sheets. *Istraživanja i projektovanja za privredu*, doi: 10.5937/jaes0-34390
- [9] Mohammadsina, Sharifi, Ghalehnoei., Ahad, Javanmardi., Mohammad, Izadifar., Neven, Ukrainczyk., Eduardus, A., B., Koenders. (2023). 10. Finite Element Analysis of Shear Reinforcing of Reinforced Concrete Beams with Carbon Fiber Reinforced Polymer Grid-Strengthened Engineering Cementitious Composite. *Buildings*, doi: 10.3390/buildings13041034
- [10] ACI 440.2R-08. (2008). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.