

## STUDY PERKUATAN LEMBARAN GFRP PADA BALOK BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN LENTUR

Adji Putra Abian<sup>1</sup>, Ardi Azis Sila<sup>2</sup>, Milla Dwi Astasi<sup>3</sup>, Iis Roin Widiati<sup>4</sup>,

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Jl. Sunter Raya Permai, Jakarta 14350

<sup>1,2,3,4</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. Dr. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas Jayapura

Email : [adjiputraabian@gmail.com](mailto:adjiputraabian@gmail.com), [mdwiastari@gmail.com](mailto:mdwiastari@gmail.com), [ardi.azis.sila@gmail.com](mailto:ardi.azis.sila@gmail.com),  
[iis.widiati@gmail.com](mailto:iis.widiati@gmail.com)

### ABSTRAK

Salah satu metode perkuatan pada elemen struktur seperti balok yang mengalami degradasi kekuatan akibat kebakaran atau korosif pada tulangan adalah dengan penggunaan *fiber reinforced concrete* (FRP), dalam hal ini digunakan type *glass fiber reinforced concrete* (GFRP). Dalam riset ini akan membandingkan penelitian terdahulu dimana balok beton bertulang dengan dimensi 150 mm x 200 mm x 3300 mm menggunakan tulangan tarik 3D13 mm dan tulangan geser P8-80/200 mm (BE) dibandingkan dengan balok beton bertulang menggunakan tulangan tarik 3D10 mm dan tulangan geser P8-100/175 mm (BK) serta balok beton bertulang dengan tambahan perkuatan GFRP (BNS). Mutu beton yang digunakan dari hasil pengujian kuat tekan untuk balok eksisting BE yaitu 21.82 MPa sedangkan balok kontrol BK dan BNS menggunakan mutu beton 23.48 MPa, yang berarti mutu dari ketiga variasi balok hampir sama atau mendekati. Hasil uji lentur menunjukkan balok BK memiliki kapasitas ultimate lebih rendah dari balok BE sebesar 19.12%, sedangkan balok BNS memiliki kuat ultimate lebih besar dari balok BE sebesar 17.28%. Fenomena ini menunjukkan perkuatan dengan GFRP mampu mengembalikan kapasitas beton yang hilang dan lebih baik dari sebelumnya.

Kata kunci: balok beton bertulang, perkuatan GFRP

### ABSTRACT

*One method of strengthening structural elements such as beams that experience strength degradation due to fire or corrosive reinforcement is by using fiber reinforced concrete (FRP), in this case the glass fiber reinforced concrete (GFRP) type is used. This research will compare previous research where reinforced concrete beams with dimensions of 150 mm x 200 mm x 3300 mm using 3D13 mm tensile reinforcement and P8-80/200 mm (BE) shear reinforcement are compared with reinforced concrete beams using 3D10 mm tensile reinforcement and reinforcement shear P8-100/175 mm (BK) and reinforced concrete beams with additional GFRP reinforcement (BNS). The quality of concrete used from the compressive strength test results for the existing BE beam is 21.82 MPa, while the BK and BNS control beams use a concrete quality of 23.48 MPa, which means the quality of the three beam variations is almost the same or close. The bending test results show that the BK beam has a lower ultimate capacity than the BE beam by 19.12%, while the BNS beam has a greater ultimate strength than the BE beam by 17.28%. This phenomenon shows that strengthening with GFRP is able to restore lost concrete capacity and is better than before.*

Key words: reinforced concrete beam, GFRP reinforcement

### 1. Pendahuluan

Sebagai material yang sangat populer dalam dunia konstruksi beton bertulang juga memiliki kelemahan dalam jangka panjang yang berakibat menurunnya kapasitas layanan dari elemen struktur seperti balok. Berbagai metode yang telah dikembangkan untuk mengembalikan kapasitas elemen struktur balok seperti sedia kala salah satunya adalah perkuatan dengan menggunakan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP). FRP adalah alternatif yang menjanjikan untuk perbaikan elemen beton yg rusak serta telah mengalami penurunan kekuatan. Selain rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, daya tahan pada lingkungan yg dapat membahayakan serta kuat lelah struktur yg tinggi. Lembaran FRP bisa dengan praktis mengikat atau menguatkan secara eksternal terhadap lempengan beton bertulang, balok, serta kolom (ACI Comittee 440, 1996). Lembar GFRP diterapkan secara

eksternal dengan mengikatnya pada permukaan beton untuk diterapkan agar memperkuat struktur yang terus memburuk (Djamaluddin et al., 2019). Penelitian Hijriah et al., (2018) menunjukkan bahwa balok dengan perkuatan GFRP mampu meningkatkan kapasitas lentur dari balok sebesar 4.14 % terhadap balok normal. Lembar FRP dapat diterapkan dalam berbagai kondisi lingkungan struktur sekalipun pada kondisi lingkungan yang agresif seperti paparan air laut. Kajian pengaruh terpaan air laut terhadap kapasitas momen perkuatan balok beton menggunakan lembaran GFRP telah dilakukan terkait dengan efektifitas perkuatan (Djamaluddin & Irmawaty, 2016). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah ada maka penelitian ini akan berfokus pada uji balok beton bertulang yang diasumsikan mengalami degradasi kekuatan akibat berkurangnya luas tulangan tarik oleh aksi korosif dari 3D13 menjadi 3D10, kemudian sebagai pengganti tulangan atau perkuatan digunakan lembaran GFRP 1 lapis pada sisi tarik balok.



Gambar 1. *Spalling* pada beton akibat lingkungan korosif

## 2. Program Eksperimental

### 2.1. Material

Dalam penelitian ini menggunakan beton yang disiapkan dari penyedia jasa (*ready mix*) dengan mutu hasil uji kuat tekan rata-rata dengan silinder ukuran 100 mm x 200 mm berdasarkan ASTM C39 diperoleh sebesar 23.48 Mpa. Dalam tabel 2 menunjukkan hasil uji tarik baja tulangan masing-masing D10 mm untuk tulangan tarik dan P8 mm untuk tulangan geser.

Tabel 1 Kuat tekan beton pada umur 28 hari

Material	Beban (kN)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)
Beton	184.43	7854	23.48

Tabel 2 Kuat tarik baja tulangan

Diameter Besi (mm)	Beban (kN)		Tegangan (MPa)		Regangan %
	Leleh	Putus	Leleh	Putus	
D10	24.30	35.00	430.95	620.82	25.25
P8	18.60	26.00	417.39	583.44	42.00

Sebagai bahan pengganti tulangan dan perkuatan maka kinerja GFRP sangat ditentukan oleh rekatannya pada permukaan balok yang dapat bekerja dengan baik. Untuk itu GFRP sebelum diaplikasikan maka permukaan beton harus diratakan dan dihaluskan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini

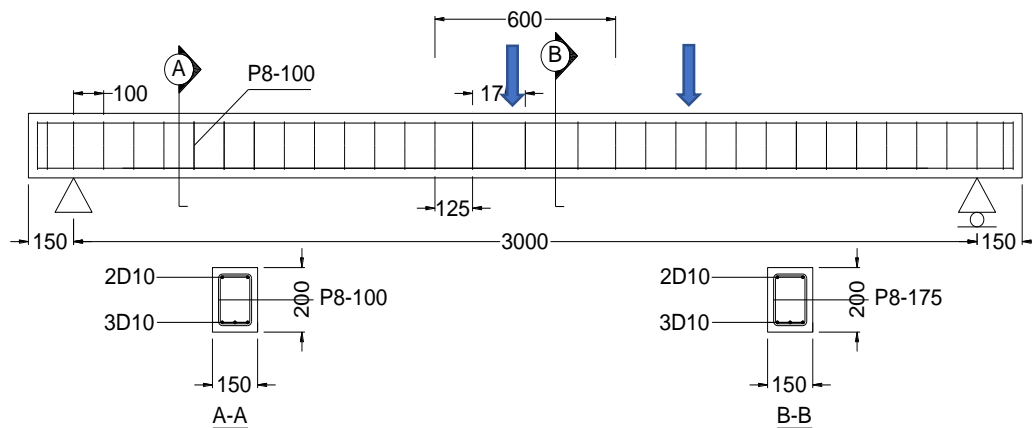
digunakan perekat yang merupakan produk dari MAPEI terdiri dari 2 (dua) komponen yaitu komponen A merupakan resin dan komponen B merupakan hardener dengan perbandingan campuran keduanya yaitu 3 : 1. Untuk GFRP yang dipergunakan adalah type MapeWrap G UNI-AX atau memiliki kuat tarik dalam satu arah memanjang mencapai 2.560 Mpa dengan spesifikasi dan properti material dari lembaran GFRP disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi GFRP type Mape Wrap G dalam bentuk dry sheet (Glass Fabrics)

Sifat-sifat Material MapeWrap G UNI-AX	
Sifat-Sifat	Nilai test
Massa Jenis	2.62 kg/dm <sup>3</sup>
Kuat Tarik	≥2.560 MPa
Regangan Tarik	3-4%
Berat	900 g/m <sup>2</sup>
Lekatan Pada Beton	> 3 Mpa (Kegagalan Beton)
Modulus Elastisitas	80.7 GPa

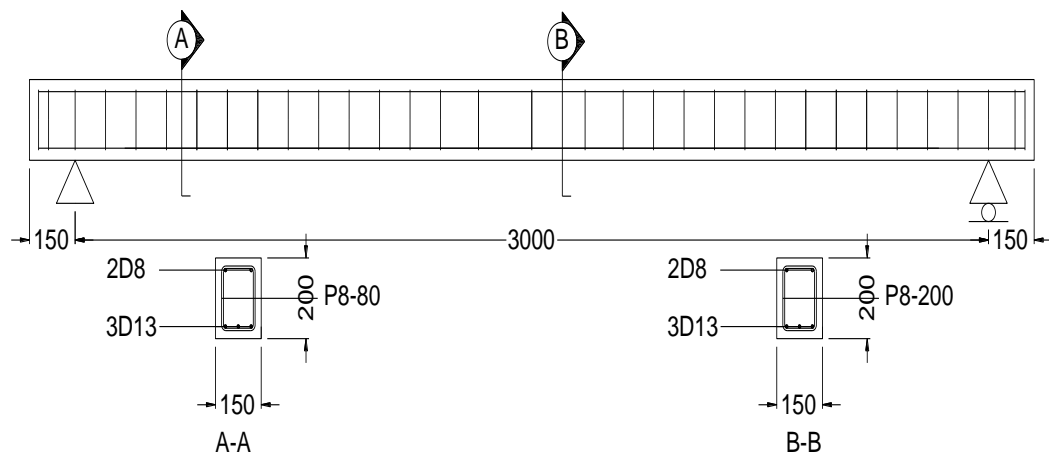
## 2.2. Balok Uji

Dalam penelitian ini total sebanyak 4 buah benda uji balok beton bertulang dengan ukuran 150 mm x 200 mm x 3300 mm dengan rincian masing-masing 2 buah balok uji kontrol (BK) dan 2 buah balok komposit GFRP (BNS), untuk detail selanjutnya dapat dilihat pada gambar 3. Untuk tulangan tarik balok menggunakan 3D10 mm 2D10 tulangan tekan, sedangkan untuk tulangan geser (begel) menggunakan P8-100/175. Proses pembuatan benda uji balok dimulai dengan pengecoran beton normal, setelah mencapai umur 28 hari dilanjutkan dengan pemasangan GFRP pada bagian bawah balok.

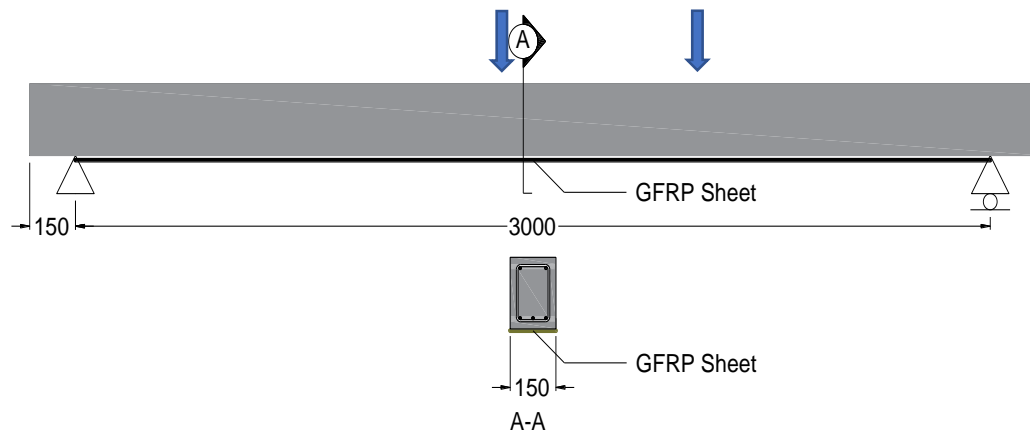


a. Dimensi balok dan lokasi tulangan (BK)





b. Dimensi balok eksisting (BE)

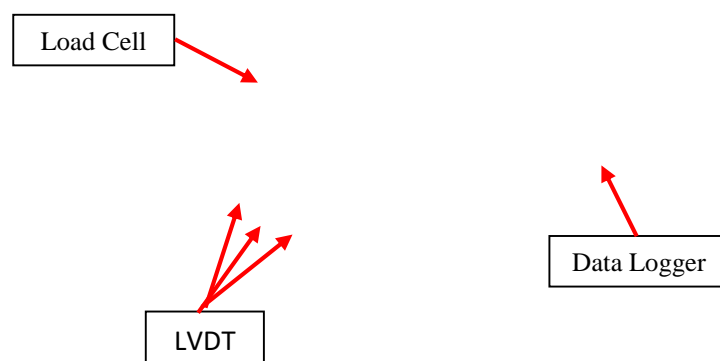


c. Dimensi balok normal komposit GFRP (BNS)

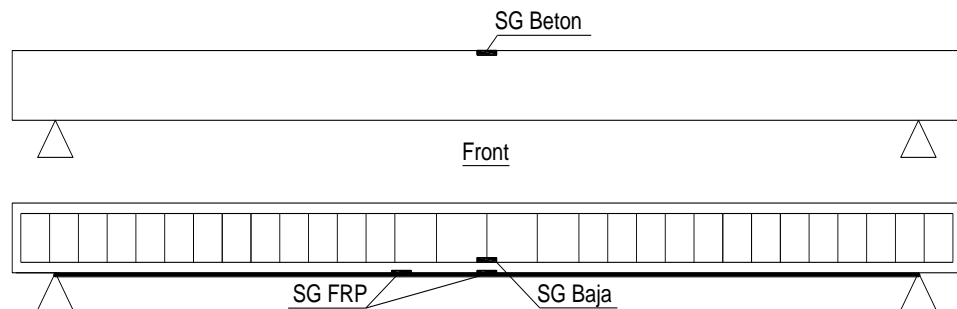
Gambar. 2 Detail Speciment

### 2.3. Setup Pengujian

Untuk uji lentur diberikan pada empat titik menggunakan mesin pembebanan statik kapasitas 1500 kN dengan beban yg ditingkatkan secara teratur sebesar 0.2 mm/sec lendutan pada tengah bentang dan diukur dengan load cell kapasitas 200 kN. Besarnya lendutan akan diukur dengan linear variabel displacement transducers (LVDT) yang dipasang pada tiga titik yaitu di tengah bentang, dan masing-masing dibawah titik beban. Strain gauge (SG) juga dipasang pada balok dan tulangan lentur serta GFRP untuk mengukur regangan pada masing-masing bahan, untuk pendetailan ditampilkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar. 3 Loading Test

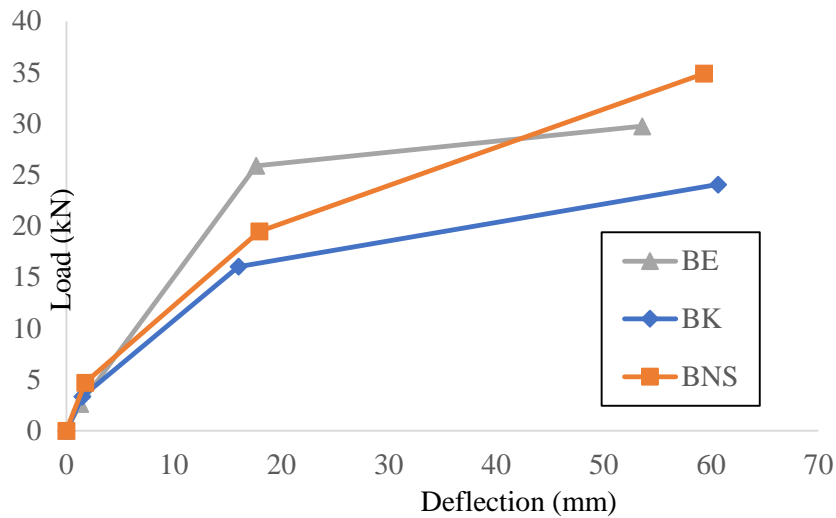


Gambar. 4 Lokasi pemasangan *strain gauge* (SG)

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1. Hubungan Beban lendutan

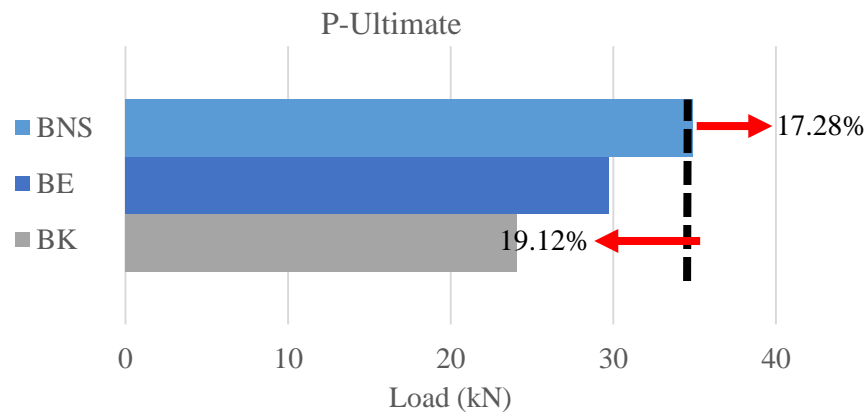
Pada tahapan awal pembebanan *crack* awal terjadi pada semua balok. Seiring peningkatan beban, lendutan yang terjadi juga semakin meningkat dan tulangan mulai mengalami leleh. Balok BK mengalami leleh pada saat beban mencapai 16 kN disusul balok BE dengan beban 17.67 kN dan balok BNS sebesar 17.96 kN. Ketika beban ditingkatkan semua balok mencapai beban hancurnya masing-masing secara berurutan balok BK, BE, dan BNS dengan nilai baban 24 kN, 29.74 kN, dan 34.88 kN sebelum mengalami keruntuhan. Pada balok BNS ketika tulangan meleleh maka beban lentur ditahan oleh lembaran GFRP yang meningkatkan kapasitas balok sehingga beban terus meningkat cukup tajam. Lendutan paling besar terjadi pada balok BK sebesar 60.65 mm, balok BNS 59.34 mm, dan lendutan paling kecil dihasilkan oleh balok BE sebesar 53.59 mm.



Gambar. 5 Hubungan beban-lendutan

### 3.2. Beban Maksimum

Gambar 6 dibawah ini disajikan beban maksimum yang terjadi pada semua type balok. Pada balok kontrol BK yang diasumsikan mengalami reduksi tulangan 3D13 menjadi 3D10 penurunan beban maksimum yang terjadi sebesar 19.12 % terhadap balok eksisting BK, sedangkan pada balok yang diperkuat dengan lembaran GFRP sebagai pengganti tulangan balok BNS terjadi peningkatan beban maksimum sebesar 17.28% yang berarti penggunaan lembaran GFRP sebagai pengganti tulangan cukup efektif dalam meningkatkan kapasitas lentur dan kekakuan balok.



Gambar. 6 Beban maksimum

## 4. Kesimpulan

Setelah dilakukan serangkaian uji eksperimental dan investigasi menyeluruh terhadap benda uji balok BK dan balok BNS dengan perkuatan GFRP maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

Balok dengan perkuatan GFRP (BNS) menunjukkan peningkatan kapasitas lentur sebesar 17.28% terhadap balok eksisting BE, sedangkan balok kontrol BE memiliki kuat ultimate lebih rendah 19.12% dibandingkan dengan balok eksisting.

Nilai lendutan yang terjadi paling besar yaitu pada balok BK sebesar 60.65 mm, kemudian balok BNS 59.34 mm, dan lendutan paling kecil dihasilkan oleh balok BE sebesar 53.59 mm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jasman., DjamaLuddin, R.,Irmawati, R.,Amiruddin, A. A. (2022) Study on Application of Hybrid FRP Sheet as Flexural Strengthening of Reinforced Concrete Beams. *Design Engineering*. 4717-4732. <https://www.researchgate.net/profile/Jasman-Yusuf/publication/366929225>
- [2] 440, A. C. (1996). State of the Art Report on Fiber Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures, ACI 440R-96. *American Concrete Institute, Detroit, M.*
- [3] DjamaLuddin, R., Hijriah, Irmawati, R., Faharuddin, & Wahyuningsih, R. T. (2019). Delamination mechanism of GFRP sheet bonded on the reinforced concrete beams. *MATEC Web of Conferences*, 258, 03009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925803009>
- [4] Hijriah, Parung, H., DjamaLuddin, R., Irmawaty, R. (2018) Delaminasi Lembar GFRP Pada Balok Beton Bertulang. <https://journal.unibos.ac.id/eco/issue/view/39>
- [5] DjamaLuddin, R., Irmawaty, R., & Tata, A. (2016). Flexural capacity of reinforced concrete beams strengthened using GFRP sheet after fatigue loading for sustainable construction. *Key Engineering Materials*, 692, 66–73. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.692.66>
- [6] DjamaLuddin, R., & Irmawaty, R. (2017). Relationship Model of the Moment Capacity of GFRP Sheet Strengthened RC Beams to the Duration of Sea Water Exposure. *Procedia Engineering*, 180, 1195–1202. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.280>
- [7] Machmud, H., Tjaronge, M. W., & DjamaLuddin, R. (2019). The Capacity of Reinforced Concrete Beams Post Rebars Yielded with FRP Sheet Strengthening. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(9), 232–241. <http://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp>
- [8] ASTM Designation C39-03, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Annual Book of ASTM standards; 2015.