

## APLIKASI GLASS FIBER REINFORCED POLYMER TERHADAP PERKUATAN RETAK GESER BALOK BETON BERTULANG

**Muhammad Idris, Ashari Ibrahim, Ramlan S.**

*Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang*

### ABSTRACT

Composite Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) as materials having high tensile strength, superior in daktalitas, light weight making it easy to mobilize, making GFRP as an option to repair the structure. Very high tensile strength that makes GFRP very suitable for use as reinforcement receive tensile force to the structural elements. Case cracked (shear cracked) that occurred in construction, for example in the construction of buildings of reinforced concrete beam and girder / beam bridge (girder). The process of data collection: steel tensile test, the test characteristics of aggregates and concrete design mix  $f'c = 26\text{Mpa}$ . Furthermore, the design dimensions and reinforcement beams based on the value  $f'c$  and  $f_y$ . Make  $15\text{cm} \times 35\text{cm} \times 330\text{cm}$  reinforced concrete beams. Treatment of the test specimen in the form of shear reinforcement using GFRP vertical continuous U, U strip. The results of the research each specimen are: load, ductility and crack patterns. The results of the research are: Displacement ductility for normal beam, reinforcement GFRP vertical continuous and strip : 7.50, 9.70, and 6.43 . Crack pattern overall on beam shear cracks are normal and reinforcement beams with GFRP U cause cracks bending.

**Keywords: GFRP, load, daltilitas, patterns of cracks**

### 1.PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Peningkatan kekuatan struktur pada infrastruktur teknik sipil telah menjadi sebuah isu yang penting dalam kurun waktu 10 tahun terakhir ini. Kegagalan pelat jembatan, balok-balok, kolom, gedung dan lain-lain umumnya disebabkan karena faktor umur, faktor lingkungan turut mempengaruhi penurunan kekuatan struktur, desain awal yang kurang memadai, perawatan yang tidak cukup, serta kejadian-kejadian alam seperti gempa. Material ini merupakan pilihan yang sangat baik untuk digunakan sebagai perkuatan eksternal karena ringan (berat jenis  $1400\text{-}2600\text{kg/m}^3$ , 4-6 kali lebih ringan dari baja), tahan korosi, dan kekuatan ultimit yang tinggi (kuat tarik sekitar 7-10 kali lebih tinggi dari U39). Selain itu, FRP juga cukup mudah untuk dipasang pada beton bertulang dan dari segi pengerjaan jika dibandingkan dengan material yang lain FRP terbukti ekonomis jika digunakan sebagai material untuk memperbaiki dan meningkatkan ketahanan struktur balok, kolom, joint balok-kolom dan bagian struktur lainnya terhadap gempa bumi.

Komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) merupakan salah satu solusi yang banyak diaplikasikan karena harganya yang lebih murah dan mudah didapatkan dipasaran. GFRP sebagai material yang mempunyai kuat tarik yang tinggi, superior dalam daktalitas, bobotnya yang ringan sehingga mudah dalam mobilisasi, menjadikan GFRP sebagai pilihan untuk perbaikan struktur. Kuat tarik yang sangat tinggi tersebut membuat GFRP sangat cocok digunakan sebagai tulangan yang menerima gaya tarik pada elemen struktur. Dengan memberikan perkuatan geser yang tepat menggunakan GFRP pada balok beton bertulang diharapkan dapat meningkatkan kapasitas balok, daktilitas serta memperbaiki pola keruntuhan balok sehingga keruntuhan dini yang terjadi pada balok beton bertulang dapat dicegah. Dampak yang timbul akibat retak ini adalah mempengaruhi kapasitas balok beton bertulang, antara lain : daktilitas dan pola retak . Perilaku retak geser yang paling berbahaya adalah keruntuhan geser yang terjadi bersifat getas (brittle) dan terjadi tanpa adanya peringatan berupa lendutan yang berarti, hal ini sangat beresiko tinggi terhadap keselamatan jiwa pengguna. Tujuan penelitian ini adalah: mengetahui perilaku daktilitas dan pola retak balok beton bertulang yang mengalami retak geser dengan perkuatan geser GFRP berbentuk U tegak menerus.

Menurut Mattys(2000), fiber mempunyai sifat – sifat material yang luas yaitu : diameter kecil, kekakuan relatif dan kuat sehingga sangat efisien untuk memperkuat material matriks polimer, memberikan transfer beban efisien antara fiber dan menyebabkan penggunaan yang baik pada sifat – sifat fiber. Perkuatan FRP ini berarti bahwa mempunyai karakteristik seperti : ketahanan terhadap korosi, kuat tarik tinggi, regangan cukup, ketahanan fatik dan dimensi stabil. Tipe fiber yang digunakan untuk perkuatan FRP dalam konstruksi beton ada 3, yaitu : ramid HM/IM (high/intermediate modulus), carbon HT (high tensile strength), dan gelas.

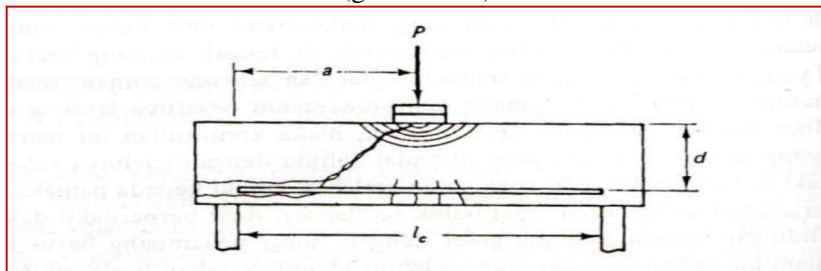
**Tabel 1. Spesifikasi komposit GFRP tipe SEH-51A (Fyfe Co.LLC)**

Properti lembaran komposit GFRP tipe SEH-51A		
Keterangan	Metode pengujian ASTM	Nilai
Kuat tarik ultimit dalam arah utama serat	D-3039	460 MPa

Regangan putus	D-3039	2.2%
Modulus Tarik	D-3039	20.9GPa
Kuat tarik ultimit dalam arah 90 <sup>0</sup> terhadap arah utama serat	D-3039	20.7 MPa
Tebal lembaran	D-3039	1.3 mm

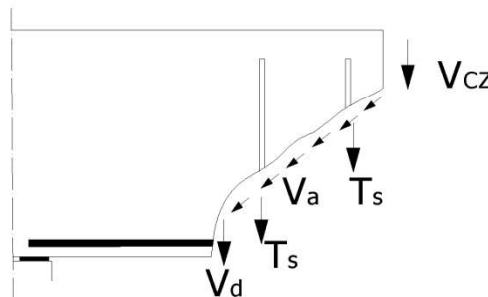
Tabel 1 menunjukkan spesifikasi lembaran komposit GFRP tipe SEH-51A. Tebal lembaran GFRP yang digunakan yaitu 1.3 mm. GFRP memiliki nilai kuat tarik ultimit yang berbeda berdasarkan arah serat di mana nilai kuat tarik GFRP arah utama serat sebesar 460 MPa sedangkan pada arah tegak lurus terhadap arah utama serat (90<sup>0</sup> terhadap arah utama serat), nilai kuat tariknya hanya sebesar 20.7 MPa.

Menurut Nawy (2008), kelangsingan balok yaitu perbandingan antara bentang bersih dengan tinggi balok menentukan ragam keruntuhan balok. Balok yang mengalami keruntuhan tekan geser mempunyai perbandingan antara bentang geser (a) dengan tinggi efektif balok(d) sebesar antara 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat dan  $l_c/d < 5,0$  untuk beban terdistribusi. Pada saat bertemunya retak miring ini dengan tepi beton yang tertekan, terjadilah keruntuhan secara tiba – tiba (gambar 2.1)



**Gambar 1. Retak pada balok**

Menurut Vis dan Kusuma(1995), pergeseran beton ditahan oleh aksi pasak oleh tulangan memanjang ( $V_d$ ), komponen vertikal gaya geser yang terdapat pada retak miring akibat permukaan retakan yang tidak teratur(menghindari butiran – butiran kerikil). Gaya geser ( $V_a$ ) pada retak miring disebut “interlocking”,komponen vertical gaya geser pada daerah tekan yang belum retak( $V_{cz}$ ) dan gaya ( $T_s$ ) yang terdapat dalam tulangan geser



**Gambar 2. Perlawanan terhadap geseran**

Perencanaan Penulangan Geser Menurut SK SNI T-15-1991-03

SK SNI T-15-1991-03 dasar perencanaan tulangan geser adalah:

$$V_u \leq \phi V_n \text{ atau } V_u \leq \phi (V_c + V_s)$$

Keterangan :

- $V_u$  = gaya geser berfaktor(kN)
- $V_c$  = Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (kN)
- $V_s$  = Kekuatan geser yang disumbangkan oleh tulangan (kN)
- $V_n$  = Kekuatan geser nominal (kN)
- $\phi$  = faktor reduksi (0,60)

Komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja :

$$V_c = (1/6 \sqrt{f'_c} b_w d)$$

Untuk gaya geser yang disumbangkan oleh sengkang vertikal ( $V_s$ ) :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Keterangan :

$s$  = jarak pusat ke pusat batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok penampang(mm)

$f_y$  = kuat leleh tulangan geser(Mpa)

Berdasarkan persamaan yang diberikan ACI 440.2R-08, kapasitas geser pada balok beton bertulang yang diperkuat dengan *FRP composite* dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_n = V_c + V_s + V_f$$

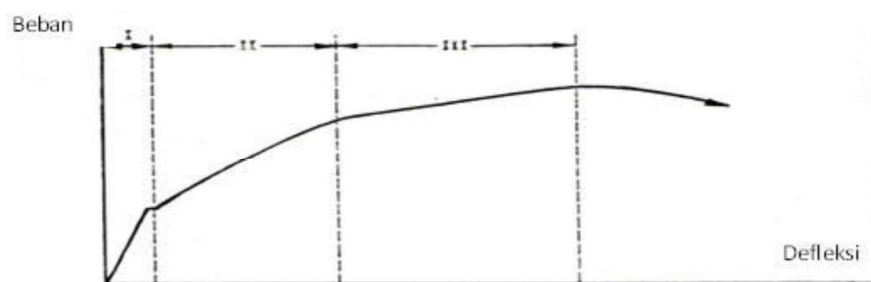
Khalifa, dkk (2000) menjelaskan faktor reduksi untuk kapasitas geser pada balok beton bertulang yang diberi perkuatan geser dengan *FRP* sebagai berikut :

$$V_n = 0,85(V_c + V_s) + 0,7V_f$$

Daktilitas merupakan salah satu aspek penting dalam perencanaan suatu elemen struktur disamping kekuatan dan kekakuan. Pada saat terjadi gempa, elemen struktur yang mempunyai daktilitas tinggi akan menyerap energi lebih banyak dibanding elemen dengan daktilitas kecil (getas). Daktilitas pada balok bertulang didefinisikan sebagai perbandingan suatu parameter deformasi pada saat tulangan tarik terluar penampang mengalami leleh pertama. Daktilitas menyatakan suatu kemampuan struktur untuk mengalami lendutan yang besar tanpa mengalami penurunan kekuatan yang berarti. →

$$\text{Daktilitas} = \frac{\Delta_{\text{ultimate}}}{\Delta_{\text{leleh I}}}$$

$\Delta_{\text{ultimate}}$  : lendutan maksimum pada balok ( balok runtuh),  $\Delta_{\text{leleh I}}$  : lendutan pada saat balok mengalami retak I pada kondisi II

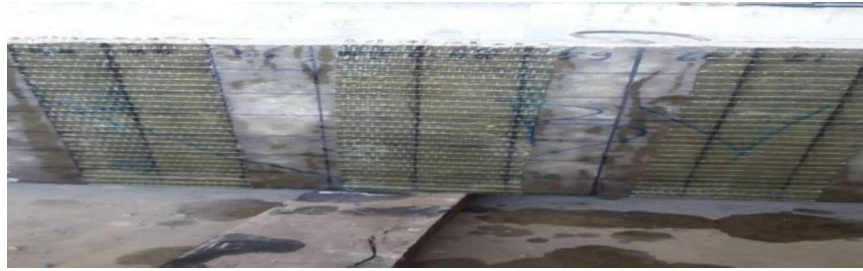


**Gambar 3. Hubungan beban-defleksi balok beton bertulang (Nawy, 1985)**

Daerah I adalah taraf praretek batang – batang struktur bebas retak, daerah II adalah taraf pascaretek batang – batang struktur mengalami retak – retak terkontrol yang masih dapat diterima dan daerah III adalah taraf tegangan tulangan tarik sudah meleleh.

## 2. METODE PENELITIAN

Varibel tidak bebas (independen variable): kuat tekan karakteristik beton ( $f'_c$ ), kuat tarik baja ( $f_y$ ), dimensi balok beton, jumlah tulangan pokok tarik, dan variasi / bentuk perkuatan GFRP. Variabel bebas (dependen variable) : beban maksimum, daktilitas, pola retak beton dan GFRP. Bahan Penelitian: Semen portland PCC, agregat, tulangan SNI, GFRP tipe SEH-51A (Fyfe Co.LLC), epoxy. Alat penelitian: uji karakteristik agregat, alat uji beton : meja getar, cetakan silinder Ø10, tinggi 20 cm, uji kuat tekan beton, uji tarik tulangan, uji slump test, uji geser balok. Proses pengambilan data diawali uji tarik baja ( $f_y$ ) Ø14mm (tulangan pokok) dan Ø6mm (tulangan geser), uji karakteristik agregat dan mix desain beton  $f'_c=26$ Mpa. Selanjutnya desain dimensi dan tulangan balok berdasarkan nilai  $f'_c$  dan  $f_y$ . Membuat benda uji balok beton bertulang 15cmx35cmx330cm tanpa perkuatan geser GFRP sejumlah 4(empat) buah. Perlakuan benda uji berupa perkuatan geser dengan menggunakan GFRP masing – masing tiga buah : U tegak menerus, U strip. Selanjutnya benda uji disimpan selama tujuh hari agar daya rekat lem epoxy dapat bekerja maksimal. Terakhir, pengujian kapasitas geser benda uji hingga hancur (failure).



Gambar 4. Balok beton perkuatan geser GFRP berbentuk U tegak strip



Gambar 5. Balok beton perkuatan geser GFRP berbentuk U tegak menerus

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian tarik baja tulangan untuk kedua diameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil pengujian tarik baja tulangan**

Diameter sampel	$f_y$ (Mpa)	$f_{smax}$ (MPa)	$E_s$ (GPa)
D6	240,5	423,60	15,0
D13	411,5	680,11	21,9

Sumber : Hasil uji laboratorium

Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3. Kuat tekan beton**

Uji Karakteristik beton		Kuat Tekan ( $f'_c$ )
Umur Beton	Berat (Kg)	(MPa)
28 hari	3,67	26.08

Sumber : Hasil uji laboratorium

Berdasarkan tabel 4 dapat ditentukan nilai daktilitas perpindahan ( $\mu_\delta$ ) : perbandingan perpindahan struktur maksimum( $\delta_u$ ) terhadap perpindahan struktur pada saat leleh( $\delta_y$ ).

**Tabel 4. Daktilitas balok beton**

Perlakuan beton	$\delta_y$		$\delta_u$		$\mu_\delta = \delta_u/\delta_y$	Rata-rata ( $\mu_\delta$ )
	P(kN)	Lendutan(mm)	P(kN)	Lendutan(mm)		
BN01	51,23	2,85	128,33	18,38	6,40	7,50
BN02	52,81	2,36	123,60	20,39	8,60	
BVG01	69,00	2,59	136,40	30,16	3,36	9,70
BVG02	71,00	4,24	136,40	41,00	9,70	
BVG03	61,00	3,80	129,00	16,00	5,47	6,43
BVG03	61,00	3,80	131,00	33,00	9,7	

Daktilitas perpindahan ( $\mu_\delta$ ) seperti yang tampak pada tabel 4 menunjukkan bahwa perkuatan balok GFRP tegak strip menghasilkan nilai daktilitas perpindahan lebih tinggi yaitu: 9,7 dari balok normal : 7,5. Hal ini berarti bahwa perkuatan balok yang diperkuatan GFRP tegak menerus akan memberi efek yang signifikan terhadap kemampuan balok untuk menahan respon inelastic yang dominan sambil mempertahankan sebagian besar dari kekuatan awalnya dalam memikul beban. Semakin tinggi nilai daktilitas suatu struktur maka semakin tinggi tingkat keamanan terhadap pengguna suatu konstruksi. Hal ini disebabkan pada

konstruksi dengan nilai daktilitas yang tinggi tidak akan terjadi keruntuhan secara tiba-tiba bila konstruksi tersebut akan rubuh, melainkan member tanda – tanda berupa lendutan yang makin lama makin tinggi hingga runtuh.

Pola retak yang terjadi pada balok mengalami perubahan yang sangat besar setelah dilakukan perkuatan. Pada balok normal retak awal secara keseluruhan terjadi pada daerah geser balok. Hal ini dapat dilihat dari pola retak yang arah rambatannya diagonal terhadap sumbu memanjang balok. Retak awal pada umumnya terjadi pada daerah 1/4 bentang tepat dibawah beban. Perkuatan dengan GFRP pada daerah geser balok yang telah mengalami retak membuat kekuatan geser balok meningkat signifikan. Hal ini terlihat dari hasil pengujian dimana keseluruhan balok yang telah diberi perkuatan mengalami retak pada daerah lentur dan tidak ada penambahan retak pada daerah geser balok. Kegagalan pada balok terjadi akibat melelehnya tulangan tarik balok yang ditandai dengan semakin bertambahnya jumlah dan lebar retak yang terjadi pada daerah lentur balok.



**Gambar 6. Pola retak geser balok normal ( tanpa perkuatan geser GFRP)**



**Gambar 7. Pola retak lentur balok perkuatan geser GFRP tegak menerus dan strip**

#### 4. KESIMPULAN

Daktilitas perpindahan perkuatan balok normal GFRP tegak strip dan menerus : 7,50, 9,70, dan 6,43 .8). Pola retak secara keseluruhan pada balok normal terjadi retak geser dan balok dengan perkuatan GFRP U tegak strip dan menerus terjadi retak lentur.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. 2008. *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*. Farmington Hills:ACI Committee 440.
- Khalifa A,dkk.1998. *Contribution of Externally Bonded FRP to Shear Capacity of RC Flexural Members*. *Journal of Composite for Construction*. Volume.2. No. 4. Pp 195-203. (.http://www.google, diakses 20 Nopember 2014).
- Mattys,S.2000. *Structural Behaviour and Design of Concrete Members Strengthened with Externally Bonded FRP Reinforcement*. Ghent University, Faculty of Applied Sciences. Department of Structural Engineering.
- Nawy,E.G. 1985. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan oleh Bambang Suryoatmono.2008.Bandung: Refika Aditama.
- Pratama, I,M,Y. 1([a.yanakades@gmail.com](mailto:a.yanakades@gmail.com)). 9 Januari 2015. *Perbandingan Daktilitas Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Perkuatan GFRP dan CFRP*.
- Vis,W.C dan Kusuma, G.H.Tanpa tahun. *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang* . Terjemahan oleh S.T.Utomo.1995.Jakarta: Erlangga.