

PENGARUH VARIASI JARAK ANTAR STRIP CFRP TERHADAP KEKUATAN GESER BALOK BETON BERTULANG

Epafroditus Tuwanakotta¹, Theofilus Tarigan²

^{1,2} Politeknik Saint Paul Sorong

Email: epafroditust@gmail.com

Abstrak

Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan suatu struktur beton bertulang dalam memikul beban-beban adalah dengan meningkatkan kuat geser struktur tersebut. Peningkatan kuat geser yang dimaksud yakni dengan cara memberikan perkuatan menggunakan CFRP pada daerah geser balok beton bertulang. Dilakukannya externally CFRP pada daerah geser balok akan membantu tulangan geser dalam menahan beban geser. Dalam pemasangan CFRP pada balok, jarak antar strip CFRP sangat berpengaruh, sehingga hal ini perlu diperhitungkan dalam perencanaan perkuatan geser balok menggunakan strip CFRP. Besarnya pengaruh jarak CFRP terhadap kuat geser yang dihasilkan sebesar 98,5 %. variable yang menyebabkan meningkatnya kuat geser beton adalah variable jumlah strip (n). semakin banyak jumlah strip yang digunakan, maka semakin besar pula kuat geser yang dihasilkan.

Kata kunci : variasi jarak, CFRP, kekuatan geser, beton bertulang,

1. PENDAHULUAN

Beton adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil, semen, dan air (dan aditif jika diperlukan). Beton bertulang merupakan kombinasi dari beton serta tulangan baja yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan mampu menahan gaya tekan dan gaya tarik akibat beban.

Balok merupakan suatu elemen struktur yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu balok merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai bahkan bangunannya. Keruntuhan pada balok merupakan hal kritis yang perlu mendapat penanganan serius, karena dapat menyebabkan kegagalan konstruksi yang dibangun

Oleh karena itu, diperlukan pencegahan/perbaikan pada balok yang hamper/telah mencapai level kinerja keruntuhan dengan cara perbaikan/perkuatan, salah satunya yaitu dengan menggunakan CFRP.

Carbon Fibre Reinforced Polymer (CFRP) merupakan salah satu jenis dari FRP. CFRP digunakan untuk memperkuat elemen struktur pada konstruksi.

Namun pemasaran CFRP diindonesia yang belum terlalu umum, menyebabkan konsumen sulit untuk memperolehnya dengan harga murah. oleh karna itu, pemakaian CFRP dilapangan perlu seefisien mungkin, dimana

harus lebih ekonomis dengan volume pemakaian yang lebih sedikit. Salah satu cara memperkecil pemakaian volume strip CFRP yaitu dengan membuat jarak pemasangan strip CFRP yang lebih jauh.

Oleh karna peneliti ingin mengetahui seberapa besar pengaruh variasi jarak strip CFRP terhadap kekuatan yang dihasilkan, khususnya untuk menahan gaya geser pada balok,.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan material CFRP untuk perkuatan struktur beton bertulang tidak hanya dapat dilakukan untuk menambah kekuatan lentur saja tetapi juga dapat menambah kekuatan geser dari struktur. Penambahan kekuatan geser ini dapat dianalisis dengan mengembangkan metode analisis kuat geser balok beton bertulang tanpa perkuatan CFRP. Berdasarkan ACI Committee 440, kuat geser nominal (V_n) merupakan gabungan kontribusi kuat geser beton (V_c), tulan geser (V_s), dan FRP (V_f) dimana ketahanan geser masih harus dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan. Penggunaan CFRP memiliki keunggulan antara lain :

- Kuat tarik yang lebih tinggi dari baja, yaitu 2800 mpa
- Kekakuan yang tinggi, dengan modulus elastisitas 165000 mpa
- Tidak korosi
- Material CFRP lebih tipis dan lebih ringan daripada menggunakan perkuatan dari baja.

- Teknik yang digunakan dalam pemasangan tidak mengganggu penggunaan struktur oleh pihak lain.
- Teknik pemasangan yang digunakan relative cepateshingga meminimalkan waktu kerja.
- Tidak memerlukan area kerja yang luas dalam pengerjaannya.

Namun dalam pengaplikasian, CFRP memiliki kelemahan antara lain :

- Kurang tahan terhadap suhu tinggi, dengan suhu 70 C, bahan perekat akan berubah dari kondisi keras menjadi lunak
- Tidak tahan terhadap sinar ultra violet, untuk itu, perlu dilakukan perlindungan seperti dilapisi dengan mortar.
- Biaya yang diperlukan untuk mendapatkan CFRP sangat besar, karna CFRP masih jarang diproduksi di Indonesia.

Analisa Kuat Geser Beton Bertulang

Kegagalan struktur balok bertulang akibat pembebanan tidak hanya ditentukan oleh kuat lentur tetapi juga oleh kuat geser. Kegagalan yang terjadi akibat geser pada balok disebut sebagai kegagalan geser. Geser pada balok beton bertulang merupakan kerusakan yang terjadi didaerah sekitar tumpuan. Retak geser badan juga dapat terjadi disekitar titik balik lendutan atau pada tempat terjadi penghentian tulangan balok struktur bentangan lurus (Dipohusudo,1996). Kekuatan geser beton bertulang merupakan sumbangan dari beton dan baja tulangan yang digunakan. Adapun besarnya kekuatan geser nominal dapat dihitung sebagai berikut;

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

V_n = Kuat Geser Nominal Beton Bertulang (N)

V_c = Kuat Geser Nominal Sumbangan Beton (N)

V_s = Kuat Geser Nominal Sumbangan Baja tulangan (N)

Untuk menghitung kekuatan geser dari beton bertulang dapat digunakan rumus:

$$V_c = (f_c' + 120 p_w) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$p_w = \frac{A_s}{b d}$; A_s = luas tulangan utama

f_c' = Mutu Beton yang direncanakan (Mpa)

b = Lebar penampang (mm)

d = Tinggi Efektif Penampang (mm)

mengingat harga-harga V_u , M_u dan p_w bervariasi sepanjang bentang sehingga akan menyulitkan untuk menghitungnya, maka persamaan di atas disederhanakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 1/6. \sqrt{f_c'} b .d \dots\dots\dots (3)$$

Dimana

f_c' = Mutu Beton yang direncanakan(Mpa)

b = Lebar penampang (mm)

d = Tinggi Efektif Penampang (mm)

Sedangkan untuk kekuatan geser dari tulangan geser dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$V_s = \frac{a_v f_y d}{s} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

a_v = Luas Tulangan Geser Senggang (mm²)

f_y = Mutu baja Tulangan (Mpa)

d = Tinggi penampang efektif (mm)

s = Jarak antar senggang (mm)

Perkuatan Gaya Geser Pada Balok Dengan CFRP

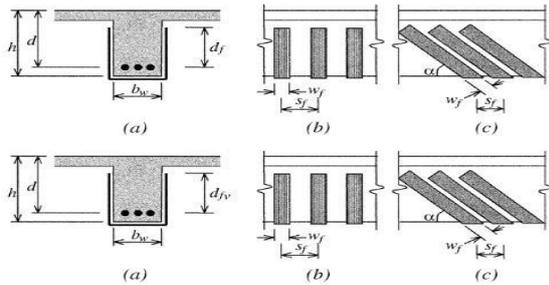
Penggunaan material CFRP untuk perkuatan struktur beton bertulang tidak hanya dapat dilakukan untuk menambah kekuatan lentur saja tetapi juga dapat menambah kekuatan geser dari struktur. Penambahan kekuatan geser ini dapat dianalisis dengan mengembangkan metode analisis kuat geser balok beton bertulang tanpa perkuatan CFRP. Berdasarkan ACI Committee 440, kuat geser nominal (V_n) merupakan gabungan kontribusi kuat geser beton (V_c), tulangan geser (V_s), dan FRP (V_f) dimana ketahanan geser masih harus dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan. Dari persamaan 2.2 untuk (V_c) dan 2.3 untuk (V_s), geser nominal (V_n) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V_n = (V_c + V_s + \Psi V_f) \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

Ψ = faktor reduksi tambahan untuk FRP dengan; $\Psi = 0,95$ untuk komponen yang ditutup lembaran kelling penampang atau keempat sisinya

$\Psi = 0,85$ untuk U-wrap tiga sisi atau bentuk pelat



Gambar 1. Ilustrasi variable dimensi yang digunakan dalam perhitungan geser perkuatan FRP

Kontribusi dari system FRP untuk geser kekuatan anggota didasarkan pada orientasi serat dan pola retak diasumsikan (Khalifa et al. 1998). kekuatan geser yang disediakan oleh penguatan FRP dapat ditentukan dengan menghitung kekuatan yang dihasilkan dari tegangan tarik di FRP di celah diasumsikan. Kontribusi geser tulangan FRP geser kemudian diberikan oleh Persamaan :

$$V_f = (A \times f_{yf} \times d_{fv})/s_f \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

- A_{fv} = luas CFRP (mm²)
- f_{fe} = tegangan CFRP (MPa)
- d_{fv} = tinggi efektif penampang (mm)
- s_f = jarak antar strip (mm)

Untuk menghitung luas CFRP, kita gunakan rumus :

$$A_{fv} = 2n \ t_f \ w_f \dots\dots\dots (7)$$

Dimana

- n = jumlah lapisan penguatan cfrp
- t_f = ketebalan 1 lapisan dari cfrp (mm)
- w_f = lebar frp (mm)

Untuk menghitung tegangan CFRP, kita gunakan rumus :

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \ E_f \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- ε_{fe} = tingkat regangan efektif dicapai pada kegagalan (mm)- 2800 =0.004
- E_f = modulus tarik elastisitas FRP (mpa)

Strain efektif dihitung dengan menggunakan koefisien obligasi pengurangan κ v berlaku untuk geser v berlaku untuk geser v berlaku untuk geser dan dinyatakan dengan persamaan :

$$\epsilon_{fe} = \kappa_v \ \epsilon_{fu} \leq 0,004 \dots\dots\dots (9)$$

Koefisien ikatan- reduksi dapat dihitung dari Persamaan :

$$\kappa_v = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot l_e}{11900 \ \epsilon_{fu}} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

Le = panjang sebagian besar obligasi stress dipertahankan. Le dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L_e = \frac{23300}{n_f \cdot t_f \cdot E_f} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

- n_f = rasio modular elastisitas antara FRP dan beton, n_f = E_f/E_c
- T_f = nominal ketebalan FRP, mm
- E_f = modulus tarik elastisitas FRP, mpa
- E_c = modulus elastisitas beton, mpa

Untuk K₁ dan K₂ dihitung menggunakan persamaan:

$$K_1 = \left(\frac{f_{c'}}{27} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (12)$$

$$K_2 = \left(\frac{d_{fv} - l_e}{d_{fv}} \right) \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

- f_{c'} = mutu beton, MPa
- d_{fv} = tinggi efektif, mm

3. METODOLOGI

Data yang digunakan pada Penelitian ini merupakan data sekunder. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/obyek. Data-data sekunder ini diperoleh dari tulisan seperti buku-buku teori, laporan, artikel, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature juga data yang diasumsi sendiri untuk melengkapi kebutuhan perhitungan. Dalam Penelitian, data-data yang perlu dikumpulkan yaitu:

Data Carbon Fiber Reinforced Polymer

Pada penelitian ini, cfrp yang digunakan adalah CFRP produksi sika CarboDur S1012 dan perekat yang digunakan adalah sikadur -30

Tabel 1. Jenis - Jenis Sika Karbodur

Product	Tensile Strength (Mpa)	E-modulus (Mpa)	Strain at failure (%)	Thickness (mm)	Width/Diameter (mm)
Sika CarboDur® - Plate					
S-512	2,800	160,000	> 1.7	1.2	50
S-812	2,800	160,000	> 1.7	1.2	80
S-1012	2,800	160,000	> 1.7	1.2	100

Sika CarboDur® S512	C. to c. spacing (mm)	E _f (Mpa)	Thickness, t _f (mm)	ε _{fi}	Width/Diameter (mm)
Layer : 1	200	165,000		0.0166	50

Data Beban yang bekerja

Besarnya beban yang bekerja pada balok diasumsi sendiri, yakni sebesar 3 tm dan jenis bebannya adalah beban merata .

Data Balok

Data balok yang digunakan juga diasumsi oleh Peneliti, yaitu:

- Mutu beton : .22,5 Mpa
- Mutu Baja : 300 Mpa
- Dimensi : 30/45 cm
- Panjang : 600 cm

Alur Penelitian



Gambar 2 : Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

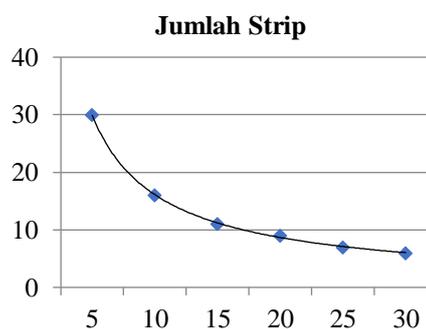
Pada bagian ini, pengolahan data diawali dari perhitungan kuat geser nominal dari beton dan tulangan. Kekuatan geser tersebut merupakan kuat geser sebelum diperkuat. Setelah itu balok diberi perkuatan CFRP pada zona gesernya lalu kekuatan geser yang dihasilkan oleh CFRP dijumlahkan dengan kuat geser sebelum diperkuat. Dalam pengambilan data, peneliti membuat variasi jarak strip CFRP lalu dihitung total kuat geser yang yang terjadi.

Tabel 2. Rekapitulasi hitungan kuat geser nominal setelah diperkuat

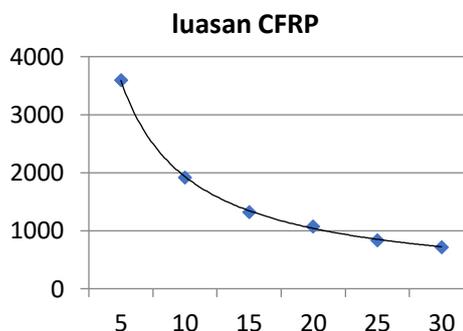
Variasi jarak Antar Strip CFRP	Kuat geser nominal setelah diperkuat
Jarak strip 5 cm	1359,4 ton
Jarak strip 10 cm	432,9 ton
Jarak strip 15 cm	203,5 ton
Jarak strip 20 cm	128,5 ton
Jarak strip 25 cm	83,5 ton
Jarak strip 30 cm	62,3 ton

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan antara variasi jarak dngan jumlah strip dan luasan total strip

Variasi Jarak	Jumlah Strip CFRP (n)	Luasan Total Strip (Afy)
5	30	3600
10	16	1920
15	11	1320
20	9	1080
25	7	840
30	6	720



Gambar 3. Grafik Hubungan variasi jarak dengan jumlah strip



Gambar 4. Grafik Hubungan variasi jarak dengan luasan CFRP

Kedua grafik pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan hubungan negatif antara variasi jarak dengan jumlah strip dan luasan strip, dimana semakin besar variasi jarak strip, jumlah strip dan luasan strip semakin kecil. Namun karena luasan total strip (Afy) dipengaruhi oleh jumlah strip(n), maka variabel yang utama adalah variabel jumlah strip (n).

Analisis Regresi.

Analisis regresi dilakukan untuk memperoleh suatu model regresi yang menggambarkan hubungan antara satu atau lebih variable bebas dan satu variable terikat . Selanjutnya dalam penelitian ini, yang menjadi variable bebas (X)

adalah variasi jarak antar strip CFRP, sedangkan Variabel terikat (Y) adalah kuat geser nominal balok beton bertulang setelah diperkuat.

Berikut adalah output analisa regresi Dengan menggunakan aplikasi SPSS :

Tabel 4. Model Description

Model Name	MOD_1	
Dependent Variable	1	geser nominal balok setelah diperkuat
Equation	1	Inverse
Independent Variable	jarak antar strip CFRP	
Constant	Included	
Variable Whose Values	Unspecified	
Label Observations in Plots	Unspecified	

Tabel 5. Model summary

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1226289	1	1226289	258.609	0
Residual	18967.484	4	4741.871		
Total	1245256.5	5			

Tabel 6. Coefisien Tabel

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.992	0.985	0.981	68.861

Interpretasi hasil analisis regresi

Output Analisis regresi yang diperlihatkan pada tabel diatas yaitu tabel summary, tabel anova dan tabel coefisien.

Berdasarkan tampilan dari summary output pada Tabel 6, besarnya nilai R square (R2) adalah 0,985. Jika nilai R Square semakin mendekati 1, berarti pernyataan yang dianalisis mendekati benar. Nilai R square 0,985 menunjukkan bahwa jarak pemasangan strip CFRP sangat berpengaruh terhadap kuat geser nominal balok beton bertulang.

Besarnya pengaruh jarak pemasangan perkuatan strip CFRP terhadap kuat geser nominal balok beton bertulang yaitu sebesar 98,5 %. Hubungan antara jarak strip CFRp dengan kuat geser dapat dinyatakan melalui persamaan f(x) berikut:

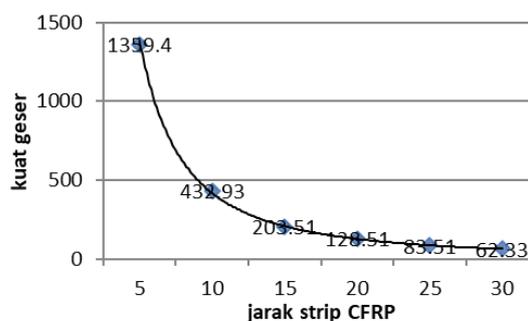
$$f(x) = -226.959 + \left(\frac{7901,926}{X}\right)$$

Dimana:

Y = kuat geser nominal yang dihasilkan oleh perkuatan CFRP

X= jarak pemasangan antar strip CFRP pada

zona geser balok. Persamaan f(x) diatas terlihat bahwa ada nilai minus pada koefisiennya. Hal menunjukkan bahwa terjadi penurunan variable terikat yang didasarkan pada variable bebas. Artinya jika jarak pemasangan strip CFRP bertambah akan menyebabkan penurunan pada nilai kuat geser nominal yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik relasi jarak strip CFRP dengan kuat Geser yang dihasilkan

5. KESIMPULAN

Variasi jarak antar strip CFRP berpengaruh negatif terhadap kekuatan geser nominal balok beton bertulang. Semakin besar jarak strip CFRP, nilai kuat geser nominal yang dihasilkan semakin kecil (hubungan negatif). Besarnya pengaruh yang ditimbulkan oleh variasi jarak strip CFRP yaitu sebesar 98,5 %.

Namun variable yang menyebabkan meningkatnya kuat geser beton adalah variable jumlah strip (n). Semakin banyak jumlah strip yang digunakan, maka semakin besar pula kuat geser yang dihasilkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Dipohusodo, Istimawan. 1996. Struktur Beton Bertulang. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI – 03 – 2847 – 2002, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

Nawy, G. Edward. 1998. Beton Bertulang: suatu pendekatan dasar. Diterjemahkan oleh : Suryoatmono, Bambang. Bandung : Refika

Aditama.ACI Committee 440, ACI 440.2R-02 Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures