DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee. 2008. *ACI 440.2R-08: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strenthening Concrete Structures.* USA: Farmington Hills.

Alami, F. dan Widyawati, R. 2010. Studi Eksperimental Perkuatan Geser Balok Beton Bertulang Dengan GFRP *(Glass Fiber Reinforced Polymer*). Bandar Lampung. Jurnal Rekayasa Vol. 14 No. 2.

Alshgari, R. A., Hemalatha, N., Suryavanshi, A., Prasad, D. V. S. S. S. V., Subalakshmi, R., Abirami, M., ... & Christopher, D. (2022). Investigation on physical and mechanical properties of abaca fiber composites using filament winding. *Advances in Polymer Technology*, *2022*.

ASTM. D 3039. (2012) Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, American Society for Testing and Material.

Badan Standard Nasional Indonesia. 2019. SNI-03-2847-2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Chu Kia Wang and Charles G. Salmon. 1993. Desain Beton Bertulang. Erlangga, Jakarta.

Chin, S C., Tong, F S., Doh, S I., Lim, K S., Gimbun, J. 2020. Effect of soil burial on mechanical properties of bamboo fiber reinforced epoxy composites. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Universitas Malaysia Pahang. 736.

Joly, C., Gauthier, R., Chabert, B., 1996, *Physical and Chemistry of the Interface in Polypropylene Cellulosic-Fiber Composites*, Composites Science and Technology, 56, 761-765.

Gibson, R. F., Principles Of Composite Material Mechanics. Mc Graw Hill Book Co, 1994

Husain, Muh. Husardi. 2018. Penelitian Tentang Pengaruh Perkuatan Geser GFRP Sheet Terhadap Perilaku Pola Kegagalan. Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.

Kar, S., & Biswal, K. C. (2021, June). *External shear strengthening of RC beams with basalt fiber sheets: An experimental study*. In *Structures* (Vol. 31, pp. 305-315). Elsevier.

Lee, Luke S., Jain, Ravi. 2009. The role of FRP composites in a sustainable world. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 11: 247-249.

Mathews, A. G., 1954, *Textiles Fibers, Their Physical Microscopic and Chemical Properties*, 6th ed., p.p.361-385, John Wiley & Sons, New York.

Nawy, Edward G. 1998. Reinforced Concrete: A Fundamental Approach (Bambang Suryatmojo, Trans.). Bandung:Refika Aditama. (Karya asli diterbitkan 1985).

Nawy, Edward G. 2003. Reinforced Concrete: A Fundamental Approach (Fifth Edition), Prentice-Hall International. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Saidi, T., Amalia, Z., Hasan, M., Hasanuddin, I., & Setiawan, K. 2020. Number of layer effect of abaca fiber as natural FRP material for shear-strengthened reinforced concrete beam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1087*(1), 012006. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1087/1/012006

Setiawan, D. 2015. Karakterisasi Serat Abaca sebagai Alternatif Material Penguat Komposit Ramah Lingkungan. Jurnal Industri Elektro Penerbangan, 4(1).

Suardana, N P G, Dwidiani Ni Made, Analisa Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa Orientasi Acak dengan Variasi Waktu Perlakuan NaOH, 2007.

Sudjendro. 1999. Abaca (Musa textilis Nee). “Potensi, pola pengembangan dan Masalahnya”. Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, 5(3).

Tampubolon, S. P. 2022. Struktur Beton 1.

Triwiyono, A. 1998. Evaluasi Kinerja dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan. Forum Teknik Sipil No. XVIII.

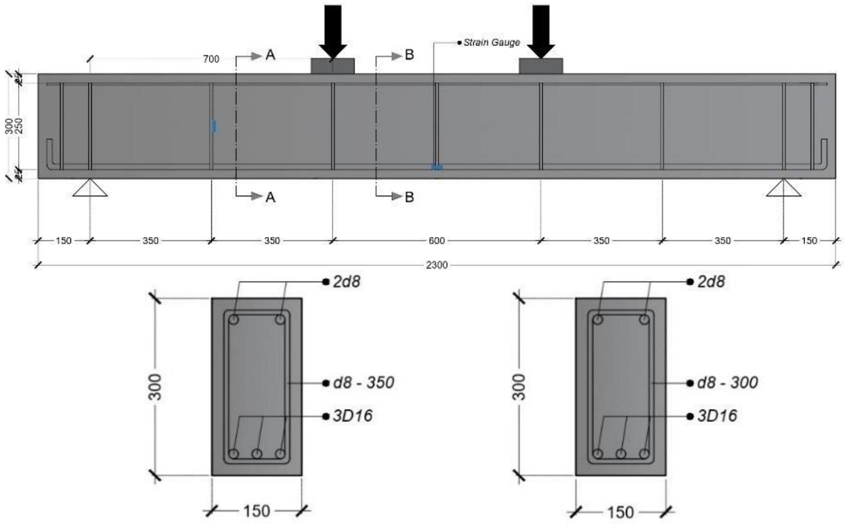
Vijayalakshmi, K., C.Y.K. Neeraja, A. Kavitha and J. Hayavadana, 2014. “Abaca fibre”. Trans. Eng. Sci., 2: 16-19.

Vis, W.C. dan Kusuma, Gideon. 1995. "Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang". Jakarta: Erlangga.

Wirahman, Salvana., Saidi, Taufiq., Hasanuddin, Iskandar., Hasan, Muttaqin., Amalia, Zahra. 2022. Pengaruh Lebar Serat Abaka sebagai Material NFRP untuk Kuat Geser Balok Beton Bertulang. Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan 5(1), 8-15. https://doi.org/10.24815/jarsp.v5il.24581

LAMPIRAN

lampiran 1. Perhitungan Kapasitas Lentur dan Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang



Data Balok :

- Panjang Balok (L) = 2300 mm
- Tinggi Balok (h) = 300 mm
- Lebar Balok (b) = 150 mm
- Jarak serat tekan ke titik berat tulangan tarik (d) = 264 mm
- Jaral serat tekan ke titik berat tulangan tekan (d') = 32 mm
- Kuat tekan beton (f’c) = 21,1 MPa
- Kuat leleh tulangan longitudinal
  - Tulangan tekan (fs’) = 336,75 MPa
  - Tulangan tarik (fs) = 384,82 MPa
- Luas tulangan balok
  - Tulangan tekan (As’) = 100,53 mm^2
  - Tulangan Tarik (As) = 603,19 mm^2

a. Kapasitas Lentur (Mn)

$C_c + C_s = T_s$ ….(13)

$(0.85 \times f'c \times a \times b) + \left(A_s' \times f'_y\right) = A_s \times fy$ …(14)

$a = \frac{(A_s \times fy) - (A_s' \times f'_y)}{0.85 \times f'c \times b}$…(15)

Dimana:

C_C = gaya tekan pada beton (kN),

C_S = gaya tekan pada tulangan (kN),

T_S = jumlah gaya total dari tulangan tarik (kN),

a = tinggi balok tekan equivalen (mm)

Diperoleh:

$$a = \frac{(A_s \times fy) - (A_s' \times f'_y)}{0.85 \times f'c \times b}$$

$$a = \frac{603.19\ mm^2 \times 384.82\ MPa) - (100.53\ mm^2 \times 336.75\ MPa)}{0.85 \times 21.1\ MPa \times 150\ mm}$$

a = 73.70 mm

$Mn = Ts \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$ …(16)

$Mn = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$…(17)

Diperoleh :

$$Mn = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 603.19\ mm^2 \times 384.82\ MPa \times \left(264\ mm - \frac{73.70}{2}\right)$$

$$= 52.73\ kNm$$

Sehingga,

$P = \frac{Mn}{0.35}$

$P_{lentur} = \frac{52.37\ kNm}{0.35\ m} = 150.65\ kN$

b. Kapasitas Geser (Vn)

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'c} \times b_w \times d$ …(18)

Diperoleh :

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{f'c} \times b_w \times d$

$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{21.1\ MPa} \times 150\ mm \times 264\ mm$

$= 30.32\ kN$

$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$…(19)

Diperoleh :

$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$

$V_s = \frac{100.53\ mm^2 \times 336{,}78\ MPa \times 264\ mm}{350\ mm}$

$= 25{,}54\ kN$

Jadi, kuat geser nominal (Vn) :

$V_n = V_c + V_s$

$V_n = 30.32\ kN + 25{,}54\ kN = 55{,}85\ kN$

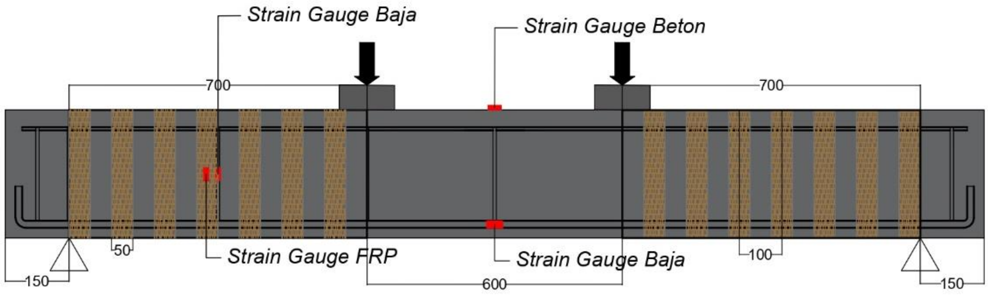
Sehingga,

$P = 2V_n$

$P_{geser} = 2 \times 55{,}85\ kN = 111{,}7\ kN$

Berdasarkan hasil perhitungan analitis menunjukkan $P_{lentur} > P_{geser}$. Hal ini mengindikasikan bahwa balok beton bertulang mengalami kegagalan geser.

Lampiran 2. Perbandingan Efektifitas Ketebalan dan Lebar FRP



Data FRP 1:

- Lebar FRP (w_f) = 100 mm
- Tinggi FRP (d_{fv}) = 264 mm
- Tebal FRP (t_f) = 1 mm
- Kuat tarik ultimit (f^*_{fu}) = 67,34 N/mm^2
- Regangan ultimit (ε^*_{fu}) = 0,01013 mm/mm
- Modulus elastisitas (E_f) = 6644,70 N/mm^2
- Sudut pemasangan FRP = 90^o
- Jarak pemasangan FRP = 100 mm

Kapasitas FRP (V_f) berdasarkan *ACI 440.2R-17*

$$V_f = \frac{A_f f_{fe}(\sin\beta + \cos\beta)d_{fv}}{s_f}$$

Dimana:

V_f = Gaya geser yang disumbangkan oleh FRP (kN)

Diperoleh :

$\varepsilon_{fe} = K_v \; ; \; \varepsilon_{fu} \leq 0{,}004$

$k_1 = \left(\frac{f'c}{27}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{21{,}1}{27}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}85$

$$L_e = \frac{23300}{(n.t_f.E_f)^{0,58}} = \frac{23300}{(1\times1\times6644,70)^{0,58}} = 141,36\ mm$$

$$k_2 = \frac{d_{fv}-L_e}{d_fv} = \frac{264-141,36}{264} = 0,46$$

Maka,

$$K_v = \frac{k_1k_2L_e}{11900\varepsilon_{fu}} = \frac{0,85\times0,46\times141,36}{11900\times0,0076} = 0,616 \leq 0,750 \textbf{ (OK)}$$

Maka regangan efektif (ε_{fe}):

$$\varepsilon_{fe} = K_v \times \varepsilon_{fu}$$

$$= 0,616 \times 0,00760$$

$$= 0,00468\ mm/mm$$

Menentukan Tegangan Efektif dari Perkuatan FRP

$$f_{fe} = \varepsilon_{fe}.E_f$$

$$= 0,00468 \times 6644,70$$

$$= 31,11\ MPa$$

$$A_f = 2nt_fw_f$$

$$= 2 \times 1 \times 1 \times 100$$

$$= 200\ \text{mm}^2$$

$$V_f = \frac{A_ff_{fe}(\sin\beta+\cos\beta)d_{fv}}{s_f} = \frac{200\times31,11(\sin 90+\cos 90)264}{100} = \mathbf{16,43\ kN}$$

Maka kuat geser total:

$$V_n = V_c + V_s + V_f$$

$$= 30,32 + 25,54 + 16,43$$

$$= \mathbf{72,28\ kN}$$

Data FRP 2:

- Lebar FRP (w_f) = 50 mm
- Tinggi FRP (d_{fv}) = 264 mm
- Tebal FRP (t_f) = 2 mm
- Kuat tarik ultimit (f^*_{fu}) = 67,34 N/mm^2
- Regangan ultimit (ε^*_{fu}) = 0,01013 mm/mm
- Modulus elastisitas (E_f) = 6644,70 N/mm^2
- Sudut pemasangan FRP = 90^o
- Jarak pemasangan FRP = 100 mm

Kapasitas FRP (V_f) berdasarkan *ACI 440.2R-17*

$$V_f = \frac{A_f f_{fe}(\sin\beta + \cos\beta)d_{fv}}{s_f}$$

Dimana:

V_f = Gaya geser yang disumbangkan oleh FRP (kN)

Diperoleh :

$\varepsilon_{fe} = K_v \; ; \; \varepsilon_{fu} \leq 0{,}004$

$k_1 = \left(\frac{f'c}{27}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{21{,}1}{27}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}85$

$L_e = \frac{23300}{(n.t_f.E_f)^{0{,}58}} = \frac{23300}{(1\times2\times6644{,}70)^{0{,}58}} = 94{,}56\ mm$

$k_2 = \frac{d_{fv}-L_e}{d_{fv}} = \frac{264-94{,}56}{264} = 0{,}64$

Maka,

$K_v = \frac{k_1 k_2 L_e}{11900\varepsilon_{fu}} = \frac{0{,}85\times0{,}64\times94{,}56}{11900\times0{,}0076} = 0{,}569 \leq 0{,}750$ **(OK)**

Maka regangan efektif (ε_{fe}):

$\varepsilon_{fe} = K_v \times \varepsilon_{fu}$

$= 0{,}569 \times 0{,}00760$

$= 0{,}00433\ mm/mm$

Menentukan Tegangan Efektif dari Perkuatan FRP

$f_{fe} = \varepsilon_{fe} \times E_f$

$= 0{,}00433 \times 6644{,}70$

$= 28{,}75\ MPa$

$A_f = 2nt_f w_f$

$= 2 \times 1 \times 2 \times 50$

$= 200$ mm^2

$$V_f = \frac{A_f f_{fe}(\sin\beta + \cos\beta) d_{fv}}{s_f} = \frac{200 \times 28{,}75(\sin 90 + \cos 90)264}{100} = \mathbf{15{,}18\ kN}$$

Maka kuat geser total:

$V_n = V_c + V_s + V_f$

$= 30{,}32 + 25{,}54 + 15{,}18$

$= \mathbf{71{,}04\ kN}$

Dari hasil perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa FRP dengan ketebalan yang lebih kecil memiliki tingkat efektifitas yang tinggi sebagaimana dari hasil V_f yang dihasilkan bahwa V_f FRP 1 > V_f FRP 2.