
Konstruksi Balok Kayu dengan Perkuataan CFRP

A. Aryadi^{1*}, M. Sofyan², B. A. Ampangallo³

¹Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka

²Institut Teknologi PLN, Jakarta

³Universitas Kristen Indonesia Toraja, Toraja

e-mail : *¹civilarchitects.aryasi@gmail.com

Abstrak

Banyaknya penggunaan kayu pada bidang konstruksi bangunan, maka ketersediaan kayu dengan mutu baik menjadi semakin terbatas. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu penerapan teknologi kayu laminasi sehingga memungkinkan kayu-kayu dari kelas kuat, kelas rendah atau lemah olahan kayu dapat dimanfaatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan produksi balok kayu rekayasa yang mampu berperan secara struktural. Teknologi balok glulam adalah alternatif yang memungkinkan untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah dengan menggunakan *Carbon fiber Reinforced polymer* (CFRP) sebagai bahan pendamping kayu. Penggunaan CFRP sebagai pendamping balok kayu diharapkan dapat menambah perkuatan pada balok kayu sehingga meningkatkan kelas kuat kayu dan menjadi solusi akan ketersediaan balok kayu yang bermutu untuk kebutuhan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan penerapan konstruksi balok kayu glulam dengan penguatan CFRP berdasarkan literature review. Metode penelitian ini menggunakan rancangan literatur review. Dengan 3 (tiga) buah artikel yang diambil dari jurnal ASCE diperoleh hasil eksperimen yang dilakukan oleh peneliti yang menunjukkan bahwa penggunaan CFRP sebagai perekat pada balok kayu memiliki pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kekuatan lentur balok, meningkatkan kapasitas ultimate dan kekakuan serta dapat meningkatkan kapasitas geser pada balok kayu glulam.

Kata kunci—Balok Kayu, CFRP, Glulam, Kekuatan Lentur, Konstruksi

Abstract

With the large use of wood in the field of building construction, the availability of good quality wood is increasingly limited. To overcome this, it is necessary to apply laminated wood technology so as to enable wood from strong, low or weak classes of processed wood to be utilized in such a way as to produce the production of engineered wood beams that are capable of structural roles. The glulam beam technology is a possible alternative to overcome this. One of the solutions offered is to use Carbon fiber Reinforced polymer (CFRP) as a wood companion material. The use of CFRP as a companion for wooden beams is expected to add reinforcement to the wooden beams so as to increase the strength class of the wood and become a solution to the availability of quality timber beams for construction needs. This study aims to describe the application of glulam wood beam construction with CFRP reinforcement based on literature reviews. This research method uses a literature review design. With 3 (three) articles taken from the ASCE journal, the results of experiments conducted by researchers showed that the use of CFRP as an adhesive on wooden beams has a significant effect on increasing the flexural strength of beams, increasing ultimate capacity and stiffness and can increase the shear capacity of glulam wood beams.

Keywords—CFRP, Construction, Flexural Strength, Glulam, Timber Beams

1. PENDAHULUAN

Balok kayu digunakan untuk lantai, gording, dan kuda-kuda di industri kayu Indonesia. Untuk tujuan struktur, penggunaan balok kayu masih berfokus pada kayu berkualitas tinggi. Dengan banyaknya kayu yang digunakan dalam konstruksi, ketersediaan kayu berkualitas tinggi semakin terbatas. Teknologi balok glulam adalah alternatif yang memungkinkan untuk mengatasi hal tersebut. Dengan proses rekayasa ini, kayu dari limbah olahan kelas rendah, kelas kuat, atau kelas rendah dapat digunakan untuk membuat balok kayu rekayasa yang berfungsi secara struktural.

Balok glulam merupakan suatu produk berbahan dasar kayu terkenal yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan kayu solid. Meskipun glulam pembuatannya lebih mahal daripada kayu solid tradisional, umumnya lebih murah dibandingkan dengan kayu lainnya bahan, seperti baja. Selain itu, glulam struktural dirancang untuk bebas dari cacat simpul, sehingga menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi karena menghilangkan butiran miring di sekitar lamina [1,2]. Oleh karena itu, glulam itu banyak rasio kekuatan terhadap beratnya lebih tinggi, yang menjadikan balok glulam pilihan yang sangat baik untuk menutupinya dalam rentang waktu yang lama[3].

Di sisi lain, diketahui bahwa pola perakitan lamina dapat mempengaruhi sifat mekanik dari glulam. Studi tentang pengaruh pola perakitan lamina terhadap perilaku lentur dan mulur glulam telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hasilnya menunjukkan bahwa pola perakitan lamina bisa mempengaruhi efisiensi lentur glulam, namun dampaknya lebih kecil terhadap sifat mulur [4,5]. Temuan ini menunjukkan bahwa glulam dapat diproduksi menggunakan tingkat lamina yang berbeda untuk mengurangi produksi biaya sambil mempertahankan sifat mekaniknya. Selain itu, sifat mekanik glulam adalah dipengaruhi oleh tingkat penyebaran perekat. Secara umum, meningkatkan jumlah perekat dapat meningkatkan kualitas sifat mekanik glulam [6]. Namun, tingkat penyebaran perekat yang berlebihan pada permeabilitasnya kurang lamina dapat menurunkan sifat mekanik glulam karena garis lem yang lebih tebal tidak menguntungkan [7]. Oleh karena itu, hindari perekat yang berlebihan dengan tetap menjaga biaya produksi yang wajar dan kualitasnya

layak dilakukan dengan menyesuaikan tingkat penyebaran perekat [8]

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang perkuatan kayu lemah, penulis menawarkan salah satu solusi adalah dengan menggunakan *Carbon fiber Reinforced polymer* (CFRP) sebagai bahan pendamping kayu. CFRP adalah salah satu material yang terbuat dari serat carbon dengan mutu tinggi. Sifat fisik dan mekanik yang tinggi membuat CFRP menjadi material yang tepat digunakan untuk perkuatan struktural. Penggunaan CFRP sebagai pendamping balok kayu diharapkan dapat menambah perkuatan pada balok kayu sehingga meningkatkan kelas kuat kayu dan menjadi solusi akan ketersediaan balok kayu yang bermutu untuk kebutuhan konstruksi.

CFRP merupakan aplikasi lanjutan dari FRP, menggunakan polimer karbon fiber yang diperkuat dengan karbon untuk membangun struktur bangunan yang perlu diperbaiki. Teknik perkuatan seperti ini dapat digunakan dengan efisien tanpa menyebabkan karat pada plat baja di luar. Sistem komposit CFRP meningkatkan kekuatan dengan meningkatkan kapasitas lentur, geser, aksial, atau daktilitas, atau kombinasi dari semua ini. Kerugian utama menggunakan sistem perkuatan CFRP adalah harga material yang lebih mahal [9]. ACI 440.2R-08, *Guide for Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*, adalah referensi untuk perencanaan FRP yang sudah dikeluarkan dan digunakan di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan rancangan literatur review. Literatur review adalah metode yang sistematis, eksplisit, dan reproduksibel untuk melakukan identifikasi, evaluasi, dan sistesis terhadap hasil karya penelitian dan pemikiran yang sudah di hasilkan oleh para peneliti dan praktisi. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mencari 3 (tiga) atau lebih jurnal penelitian bereputasi dengan topik yang sama dengan kata kunci Balok Kayu Glulam dan CFRP, yang kemudian menyeleksinya serta melakukan analisis terhadap jurnal penelitian yang telah diseleksi. Hal-hal yang dianalisis meliputi nama penulis, hasil penelitian, kesimpulan dan saran serta

selanjutnya dirangkum menjadi hasil literature review.

3. HASIL

Hasil literature review dapat dilihat pada uraian berikut:

1. Penelitian 1 (satu),

Nama : Francesco Micelli P.E, vincenza scialpi P.E dan Antonio La tegola
 Tahun : 2005
 Judul : *Flexural reinforcement of glulam timber beams and joints with carbon fiber, reinforced polymer rods*
 Sumber : *Journal of composites for construction ASCE*

Tujuan Penelitian : Untuk mengetahui kemungkinan penggunaan CFRP sebagai perekat pada tulangan balok glulam dan sebagai perekat sambungan kayu glulam yang mentransfer momen lentur antara dua balok yang berdekatan

Metode Penelitian : Eksperimental

Hasil Penelitian : Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari batang CFRP, karena balok bertulangan menunjukkan peningkatan kapasitas ultimit dan kekakuan. Hasil eksperimen juga menunjukkan kesesuaian yang baik terhadap nilai beban dan defleksi. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa penggunaan batang CFRP pada sambungan kayu berhasil, karena kapasitas balok sambungan CFRP sama dengan balok monolitik karena kapasitas balok sambungan CFRP sama dengan balok monolitik

Kesimpulan : Konfigurasi CFRP U-wrap searah diterapkan secara eksternal pada sisi tarik balok LVL meningkatkan daya dukung sebesar 25%, kekakuan sebesar 20%, dan daktilitas sebesar 30%.

Kesamaan : Meneliti balok kayu glulam dengan perkuatan CFRP.

2. Penelitian 2 (dua),

Nama : Anastasia globa, mahbube subhani, jules moloney dan riyadh al ameri
 Tahun : 2018
 Judul : *Carbon fiber and structural timber composite for enginee-rig and construction*
 Sumber : *Journal of composites for construction ASCE*

Tujuan Penelitian : Untuk menguji penggunaan CFRP dalam meningkatkan lentur balok kayu serta menyelidiki lentur positif dan negatif momen perakitan struktural

Metode Penelitian : Eksperimental

Hasil Penelitian : Hasil penelitian menunjukkan bahwa CFRP searah yang diterap-kan sebagai pembungkus *U* pada sisi tegangan balok kapasitasnya meningkat sebesar 25% , kekakuan sebesar 20% dan daktilitas sebesar 30%. Penguatan bungkus *U* juga menggeser mode kegagalan dari mendadak menjadi bertahap.

Kesimpulan : Peningkatan yang signifikan pada momen ultimit dan kekakuan ketika batang CFRP direkatkan di sisi tegangan persilangan.

Kesamaan : Meneliti balok kayu glulam dengan perkuatan CFRP.

3. Penelitian 3 (tiga),

Nama : T. Russell Gentry
 Tahun : 2011
 Judul : *Performance of glued laminated timbers with FRP shear and flexural reinforcement*
 Sumber : *Journal of composites for construction ASCE*

Tujuan Penelitian : Untuk menguji peningkatan kapasistas geser glulam, untuk meningkatkan kekuatan geser serangkaian pin polimer diperkuat serat (FRP) dimasukkan kedalam lubang yang dibor melintang diatas lapisan glulam. Pin ini diikat epoksi ke tempatnya setelah glulam diproduksi

Metode Penelitian : Eksperimental

Hasil Penelitian : Hasil pengujian menunjukkan bahwa hamburan

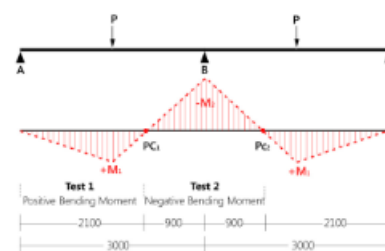
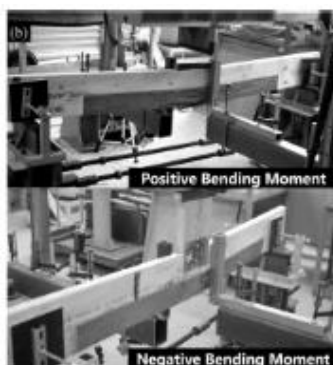
kekuatan geser di set glulam yang disematkan berkurang secara signifikan disbanding-kan dengan specimen yang tidak disematkan. Estimasi weibull dua dan tiga parameter dari tingkat layanan yang diizinkan meningkat antara 40% dan 100% untuk specimen set diperkuat oleh pin FRP. Skema penguat melintang menunjukkan dapat membantu dalam pengikatan komposit tulangan lentur menempel pada tumpukan laminasi

Kesimpulan : Adanya Peningkatan kekuatan geser yang signifikan untuk glulam skala kecil balok. Distribusi probabilistik dari data uji menunjukkan bahwa peningkatan tegangan geser yang diijinkan sebesar 50% atau lebih dapat diharapkan untuk glulam yang diperkuat secara melintang.

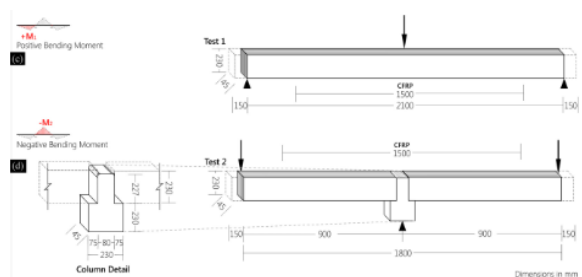
Kesamaan : Meneliti balok kayu glulam dengan perkuatan CFRP.

4. PEMBAHASAN

Hasil dari artikel pertama (penelitian 1) yang telah direviu menunjukkan bahwa hasil eksperimen penggunaan penggunaan CFRP sebagai perekat pada tulangan balok glulam dan sebagai perekat sambungan kayu glulam yang mentransfer momen lentur antara dua balok yang berdekatan diperoleh terdapat pengaruh yang signifikan dari batang CFRP, karena balok bertulang menunjukkan peningkatan kapasitas ultimit dan kekakuan. Hasil eksperimen juga menunjukkan kesesuaian yang baik terhadap nilai beban dan defleksi. Serta hasil percobaan juga menunjukkan bahwa penggunaan batang CFRP pada sambungan kayu berhasil, karena kapasitas balok sambungan CFRP sama dengan balok monolitik. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :

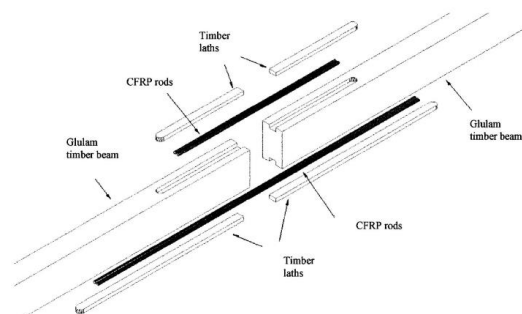


Gambar 1 Test setup. Membagi model menjadi dua fase uji terpisah: momen lentur positif dan negatif.

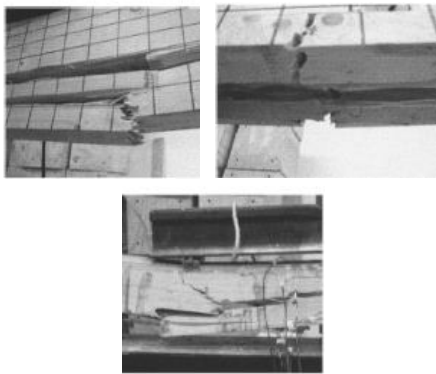


Gambar 2 Test setup. Membagi model menjadi dua fase uji terpisah: momen lentur positif dan negatif.

Pada penelitian 2 (artikel kedua) menunjukkan bahwa hasil pengujian penggunaan CFRP dalam meningkatkan lentur balok kayu serta menyelidiki lentur positif dan negative momen praktikan structural diperoleh hasil CFRP searah yang diterapkan sebagai pembungkus U pada sisi tegangan balok kapasitasnya meningkat sebesar 25% , kekakuan sebesar 20% dan daktilitas sebesar 30%. Penguatan bungkus U juga menggeser mode kegagalan dari mendadak menjadi bertahap. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut:



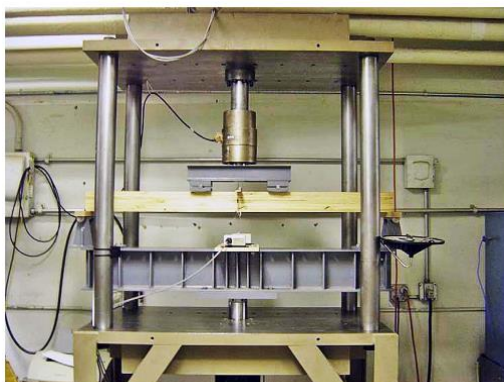
Gambar 3 Skema sambungan lentur kayu polimer yang diperkuat serat karbon



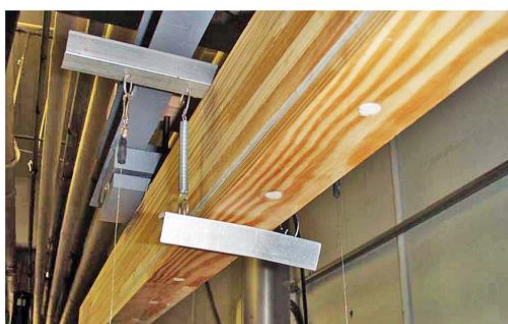
Gambar 4 Mode kegagalan spesimen balok glulam

Serta hasil pada penelitian ke 3 (tiga) Untuk menguji peningkatan kapasistas geser glulam, untuk meningkatkan kekuatan geser serangkaian pin polimer diperkuat serat (FRP) dimasukkan ke dalam lubang yang dibor melintang diatas lapisan glulam. Pin ini diikat epoksi ke tempatnya setelah glulam diproduksi Hasil pengujian menunjukkan bahwa hamburan kekuatan geser di set glulam yang disematkan berkurang secara signifikan dibandingkan dengan specimen yang tidak disematkan. Estimasi weibull dua dan tiga parameter dari tingkat layanan yang diizinkan meningkat antara 40% dan 100% untuk specimen set diperkuat oleh pin FRP. Skema penguat melintang menunjukkan dapat membantu dalam pengikatan komposit tulangan lentur menempel pada tumpukan laminasi.

Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5 Spesimen skala besar dalam perlengkapan uji



Gambar 6 Spesimen skala besar dengan tulangan longitudinal *GFRP* dan pin melintang

Dari ketiga artikel / jurnal yang telah direviu dapat disimpulkan bahwa penggunaan CFRP sebagai perekat pada balok kayu memiliki pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kekuatan lentur balok, meningkatkan kapasitas ultimate dan kekakuan serta dapat meningkatkan kapasitas geser pada balok kayu glulam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil reviu ketiga jurnal diatas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan material *Carbon polimer Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* pada balok kayu struktural direkomendasikan sebagai bahan perbaikan dan perkuatan kayu struktural.

5. SARAN

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan membandingkan kekuatan CFRP dengan jenis lain dari segi kekuatan dan biaya.
2. Penelitian juga akan mempertimbangkan berapa lama menggunakan CFRP dan GFRP dari kedua material tersebut karena lebih efisien secara waktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Sembilanbelas November Kolaka yang memberikan bantuan biaya publikasi sehingga dapat digunakan untuk membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

-
- [1] Lepper MM and Keenan FJ 1986 *Can. J. Civ. Eng.* 13 445.
- [2] Milner HR 2018 *Aust. J. Struct. Eng.* 19 256
- [3] Thorhallsson ER, Hinriksson GI and Snæbjörnsson JT 2017 *Compos. B. Eng.* 115 300Documents,” University of Massachusetts Amherst, 2015.
- [4] Gao S, Xu M, Guo N, Zhang Y 2019 *Adv. Civ. Eng.* 2019
- [5] Aratake S, Morita H, and Arima T 2011 *J. Wood Sci.* 57 267.
- [6] Raftery G, Harte A, Rodd P 2008 *J. I. Wood Sci.* 18 24
- [7] De Oliveira RG, Gonçalves FG, Segundinho PG, Oliveira JT, Paes JB, Chaves IL, Brito AS 2020 *Maderas-Cienc Tecnol* **22** 495
- [8] Khoo PS, Chin KL, Lee CL, H’ng PS, and Hafizuddin MS 2021 *Polymers* **13** 37997.
- [9] Meier, G. and Keiser, L.R. (1997) *Regulation and Consumer Protection: Politics, Bureaucracy and Economics.* Dame, Tyngsboro.
- [10] ACI Committee 440. (2015). ACI440.1R-15 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Firber-Reinforced Polymer (FRP) Bars. In *American Concrete Institute* (Vol. 22, Issue 4).
-