

PENENTUAN JARAK KRITIS BAUT PADA SAMBUNGAN BAMBU GOMBONG (*GIGANTOCHLOA PSEUDOARUNDINASEA*) BERDASARKAN KUAT GESER DAN KUAT TUMPU BAMBUN

Astuti Masdar^{1*}, Indri Febriani², Sutria Desman³, Anita Dewi Masdar⁴, Ronny Junnaidy⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, Indonesia
e-mail: *2astuti_masdar@yahoo.com (corresponding author)

Abstrak

Bambu merupakan material konstruksi ramah lingkungan yang mempunyai peluang besar untuk dikembangkan pada bangunan hijau. Kondisi ini dikarenakan bambu memiliki karakteristik mekanik yang baik. Meskipun demikian, penggunaan bambu belum dapat dimaksimalkan karena sedikitnya informasi terkait desain struktur bambu termasuk geometri dari sambungannya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jarak kritis baut pada sambungan bambu Gombong (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*). Penelitian dilakukan secara eksperimental berdasarkan standar ISO N22157. Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai rata-rata kadar air Bambu Gombong memenuhi persyaratan pengujian kuat geser dan kuat tumpu yaitu kadar air < 15%. Nilai kuat geser rata-rata Bambu Gombong sebesar 5,89 MPa. Sedangkan rata-rata kuat tumpu Bambu Gombong adalah sebesar 36,47 MPa. Berdasarkan nilai kuat geser dan kuat tumpu dilakukan analisis terkait jarak baut pada sambungan bambu dan didapatkan jarak kritis baut pada sambungan Bambu Gombong dari ujung batang bambu tanpa ruas ke baut adalah sekitar 4,27 D atau 4,27 kali diameter baut. Hasil penelitian ini sangat penting sekali sebagai dasar dalam desain struktur sambungan bambu yang menggunakan baut sebagai alat sambungannya.

Kata kunci—Bambu, Material, Konstruksi, Baut, Jarak Kritis

Abstract

Bamboo is an environmentally friendly construction material that has great opportunities to be developed in green buildings. This condition is because bamboo has good mechanical characteristics. However, the use of bamboo cannot be maximized because there is little information regarding the design of bamboo structures, including the geometry of the connections. This research was carried out with the aim of determining the critical distance of bolts in Gombong bamboo connections. The research was carried out experimentally based on the ISO N22157 standard. Based on the research results, it was found that the average water content value of Gombong Bamboo (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*) meets the requirements for shear strength and support strength testing, namely <15%. The average shear strength value of Gombong Bamboo is 5.89 MPa. Meanwhile, the average strength of Bambu Gombong supports is 36.47 MPa. Based on the shear strength and support strength values, an analysis was carried out regarding the distance of the bolts in the bamboo connection and it was found that the critical distance of the bolt in the Gombong Bamboo connection from the end of the bamboo stem without joints to the bolt was around 4.27 times the diameter of the bolt. The results of this research are very important as a basis for designing bamboo connection structures that use bolts as the connection tool.

Keywords— Bamboo, Material, Construction, Bolt, Critical distance

History of article:

Received: -, Revised: -, Published: 30 Juni 2024

I. PENDAHULUAN

Bambu merupakan material terbarukan yang mempunyai peluang besar sebagai material konstruksi di Indonesia. Sebagai material yang ramah lingkungan, material bambu mempunyai peluang yang besar untuk keberlanjutan penggunaannya sebagai material konstruksi karena bambu adalah material alami yang dapat dibudidayakan.

Keunggulan bambu selain sebagai material yang terbarukan yaitu dari segi kekuatan mekaniknya, terutama kuat tarik dan kuat lentur sebagaimana yang telah ditunjukkan oleh penelitian terdahulu seperti Gao, dkk (2022), Jose, dkk (2021), Masdar, dkk (2018), Bhonde, dkk (2014) dan Anoyke, dkk (2016). Keunggulan bambu dari segi kekuatan mekaniknya menjadikan semakin tingginya peluang bambu untuk diaplikasikan pada komponen struktur.

Berbagai jenis bambu berpeluang untuk dijadikan material konstruksi termasuk Bambu Gombang (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*) disebabkan Bambu Gombang mempunyai karakteristik mekanik yang baik. Bambu Gombang mempunyai bentuk yang lurus dengan ketinggian mencapai 30 meter. Varietas bambu ini memiliki bulu coklat yang menutupi warna hijaunya dengan garis-garis kuning (Damayanti, 2019). Pemanfaatan bambu Gombang sebagai bahan struktur memerlukan pengawetan untuk memperpanjang daya layan dari konstruksi bambu dan dapat meningkatkan kekuatan dari bahan bambu yang digunakan (Masdar, 2023). Sebagai bahan anisotropik, kekuatan pada suatu batang bambu berbeda-beda dibagian pangkal, tengah, ujung batang bambu, dibagian kulit ataupun dibagian dalam bambu (Awalluddin, dkk, 2017)

Pengaplikasian Bambu Gombang pada konstruksi perlu mempertimbangkan sistem sambungannya. Sambungan pada bambu merupakan daerah paling kritis dalam suatu struktur karena sambungan harus meneruskan beban. Bentuk bambu yang melingkar dan berongga menjadikan penggunaannya dalam bangunan sering dibatasi oleh sambungan (Wayan, 2019). Bertambahnya diameter pada baut akan menghasilkan jarak kritis yang semakin besar (Destisari, 2016) dan Masdar (2019).

Sifat mekanik bambu mempengaruhi kekuatan strukturnya termasuk dalam medesain sebuah sambungan bambu. Sifat mekanik untuk menentukan kekuatan sambungan bambu utuh adalah kuat geser dan kuat tumpu sejajar serat (Masdar, dkk, 2014). Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk menentukan

kekuatan benda uji sehingga memudahkan penentuan jarak kritis sambungan bambu serta memudahkan dalam pengerjaan bambu sesuai dengan pemanfaatannya..

Kuat geser menjadi kriteria kritis yang menentukan kekuatan pada sambungan bambu. Keberadaan ruas pada ujung batang bambu akan meningkatkan kekuatan sambungan. Namun, tidak semua bambu memiliki ruas pada ujung batang bambu. Karena bambu memiliki gaya geser yang rendah. Untuk sambungan bambu yang menggunakan baut sebagai penghubung, maka yang biasanya menentukan kekuatan sambungan yaitu kuat geser menjadi kriteria kritisnya. Ketika jarak baut dan ujung batang bambu melebihi jarak tertentu antara baut lainnya, maka kekuatan tumpu menjadi kritis dan umumnya saat kritis kekuatan dari kuat tumpu akan melebihi kekuatan geser. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jarak kritis baut pada batang bambu tanpa nodia atau ruas berdasarkan kuat geser dan kuat tumpu bambu sehingga kerusakan pada sambungan bambu dapat diantisipasi dan penempatan baut sesuai dengan karakteristik dari material bambu yang digunakan.

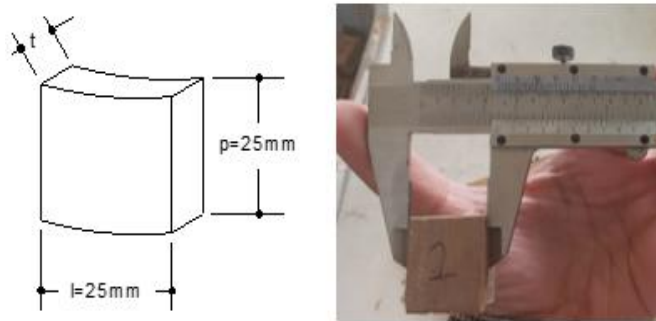
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. Penelitian dilaksanakan dengan tiga tahapan yaitu pengujian sifat fisik bambu, pengujian kuat geser dan kuat tumpu yang dilanjutkan dengan analisis untuk menentukan jarak kritis baut pada sambungan bambu berdasarkan nilai kuat geser dan kuat tumpu bambu.

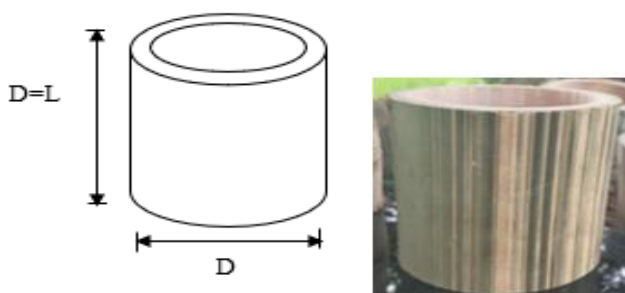
Bambu yang digunakan adalah Bambu Gombang (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*) yang berumur lebih dari tiga tahun sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Benda uji dibuat berdasarkan ISO N22157-1. Bentuk dan ukuran benda uji kadar air dan kerapatan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Dokumentasi material Bambu Gombang yang digunakan dalam penelitian



Gambar 2. Bentuk dan ukuran Benda uji sifat fisik bambu (kadar air dan kerapatan)
Selanjutnya bentuk dan ukuran benda uji kuat geser serta kuat tumpu disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk dan ukuran benda uji kuat geser dan kuat tumpu

Berdasarkan Gambar 2 diketahui ukuran benda uji kadar air dan kerapatan Bambu Gombong adalah 2,5 cm x 2,5 cm dengan ketebalan disesuaikan dengan ketebalan bambu. Pengujian kadar air dan kerapatan ditentukan berdasarkan ISO N 22157-2. Setelah benda uji tersebut dibuat, benda uji diukur dan ditimbang untuk mengetahui berat benda uji kering udara (M). Selanjutnya, benda uji dimasukkan kedalam oven bersuhu 105°C minimal selama 24 jam yang kemudian ditimbang kembali untuk mendapatkan berat benda uji juga kering tanur (M_o). Hasil dari uji sifat fisik bambu dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2).

$$Mc = \frac{M - M_o}{M_o} \times 100\% \quad (1)$$

dimana, Mc adalah kadar air, M adalah berat sebelum di oven dan Mo adalah Berat setelah di oven

$$\rho = \frac{M_o}{V} \quad (2)$$

dimana, ρ adalah kerapatan, Mo adalah Berat setelah dioven, dan V adalah Volume benda uji.

Pengujian kuat geser dan kuat tumpu Bambu Gombong dilaksanakan berdasarkan standar ISO N22157-2, dengan ketinggian benda uji sebesar diameter luar bambu sebagaimana disajikan pada Gambar 3. Pengujian kuat geser dan kuat tumpu ini dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine* dan Plat Uji sebagaimana disajikan pada Gambar 4.



(a) (b)

Gambar 4. Pengujian sifat mekanik bambu (a) Kuat geser (b) Kuat tumpu

Kekuatan geser bambu apat dihitung dengan Persamaan (3).

$$\tau_{ult} = \frac{P}{\Sigma(t \times h)} \quad (3)$$

dengan τ_{ult} adalah tegangan geser (MPa), P adalah beban maksimum (N), t adalah tebal benda uji (mm) dan h adalah tinggi benda uji (mm)

Kekuatan tumpu bambu apat dihitung dengan Persamaan (4).

$$\sigma_{ult} = \frac{P}{D(t_1 + t_2)} \quad (4)$$

dengan σ_{ult} adalah tegangan tumpu (MPa), P adalah beban maksimum (N), D adalah diameter baut (mm) dan t₁, t₂ adalah ketebalan benda uji (mm).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisik Bambu Gombong (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*)

Sifat fisik Bambu Gombong meliputi kerapatan dan kadar air. Hasil pengujian sifat fisik diperoleh melalui uji laboratorium. Pada material bambu, spesimen uji diambil dari potongan bambu bagian pangkal dan tengah dari batang bambu dengan dimensi benda uji bambu dibuat mengikuti standar ISO 22157 – 1 : 2004 dengan bentuk benda uji seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada Gambar 1. Hasil pengujian sifat fisik bambu yaitu kadar air dan kerapatan disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. Hasil pengujian Kadar air dan kerapatan Bambu Gombong.

Jumlah benda uji	Kadar Air rata-rata (%)	Kerapatan rata-rata (gram/cm ³)
20	13,66	0,64

Berdasarkan Tabel 1 diketahui nilai kadar air rata-rata Bambu Gombong adalah 13,66%. Kadar air terendah yang didapatkan dari hasil pengujian adalah 11,11% dan nilai kadar air tertinggi sebesar 15% . Sementara itu standar deviasi kadar air dan kerapatan masing-masing adalah 1,53 dan 0,03. Kerapatan rata-rata Bambu Gombong yang didapatkan dari hasil pengujian sebagaimana yang disajikan pada Tabel 1 adalah 0,64 gram/cm³. Nilai kadar air rata-rata < 15% sehingga benda uji layak digunakan dan dilakukan pengujian lanjutan untuk kuat geser dan kuat tumpu Bambu Gombong. Hal ini sesuai dengan yang telah disyaratkan dalam perencanaan yaitu kadar air kering udara SNI 3 (BSN, 2002) yang mendefinisikan kayu kering udara sebagai kayu dengan kadar air maksimal 20%, sedangkan PPKI N-5 1961 menyebutkan bahwa kadar air kering udara tergantung kepada iklim setempat. Di Indonesia kadar air ini berkisar antara 12% sampai 20% dari kayu kering mutlak. Disini material bambu dikategorikan setara dengan material kayu.

B. Sifat Mekanik Bambu Gombong (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*)

Pengujian sifat mekanik yang dilakukan adalah kuat geser dan kuat tumpu Bambu Gombong. Pengujian kuat geser dan kuat tumpu dilakukan pada saat bambu dalam keadaan kering udara atau kadar air dibawah 15%. Pengujian dilakukan berdasarkan standar ISO N22157-2 seperti terlihat pada Gambar 4. Hasil pengujian sifat kuat geser dan kuat tumpu bambu

disajikan pada Tabel 2, sedangkan bentuk kerusakan benda uji disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

TABEL 2. Hasil pengujian kuat geser dan kuat tumpu Bambu Gombong.

Jumlah benda uji	Kuat geser Rata-rata (N/mm ²)	Kuat tumpu rata-rata (N/mm ²)
20	6,89	36,47



Gambar 5. Bentuk kerusakan benda uji pada pengujian kuat geser



Gambar 6. Bentuk kerusakan benda uji pada pengujian kuat tumpu

Berdasarkan Tabel 2 diketahui nilai kuat geser rata-rata Bambu Gombong adalah 6,89 N/mm² atau 6,89 MPa. Nilai kuat geser terendah adalah sebesar 5,79 MPa dan nilai kuat geser tertinggi adalah sebesar 8,11 MPa dengan standar deviasi kuat geser adalah sebesar 0,89. Sementara itu nilai kuat tumpu rata-rata Bambu Gombong adalah sebesar 36,47 MPa.

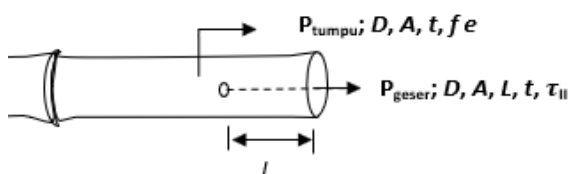
C. Penentuan jarak kritis baut berdasarkan kuat geser dan kuat tumpu Bambu Gombang

Panjang jarak kritis baut pada sambungan bambu Gombang diperoleh pada saat gaya geser (P_{geser}) dan Gaya Tumpu (P_{tumpu}) berada dalam kesetimbangan. Penentuan jarak kritis baut pada batang bambu berdasarkan pada kondisi dimana kegagalan geser dan tumpu terjadi pada saat yang bersamaan. Hal ini dirumuskan berdasarkan Gambar 5 serta Persamaan 5 dan Persamaan 6

$$P_{geser} = P_{tumpu} \quad (5)$$

$$L (t_1 + t_2) \times \tau_{II} = D (t_1 + t_2) f_e$$

$$L_{cr} = \frac{D(t_1+t_2)f_e}{(t_1+t_2)\times\tau_{II}} \quad (6)$$



Gambar 5. Posisi Baut pada Sambungan

dimana L_{cr} adalah parameter yang digunakan untuk menentukan jarak kritis baut ke ujung batang bambu tanpa ruas. Dalam penelitian ini, nilai L_{cr} yang ditentukan dengan metode analitis diverifikasi dengan hasil eksperimen (Masdar, 2014). Berdasarkan hasil analisis menggunakan formula atau Persamaan 6, didapatkan jarak kritis dari ujung batang bambu ke lobang baut pada sambungan Bambu Gombang adalah sebesar $4,27D$, dengan D adalah diameter baut atau sepanjang 54,23 mm.

IV KESIMPULAN

Kadar air rata-rata Bambu Gombang (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*) yang digunakan dalam penelitian adalah 13,66% < 15%, sedangkan kerapatan rata-rata Bambu Gombang yang didapatkan dari hasil pengujian adalah 0,64 gram/cm³. Dengan nilai kadar air kecil dari 15% menjadikan Bambu Gombang ini layak digunakan untuk komponen struktur dan pengujian kuat geser serta kuat tumpu dapat dilakukan. Dari hasil pengujian kuat geser Bambu Gombang diketahui kuat geser rata-rata Bambu

Gombang adalah 6,89 MPa, sementara itu nilai kuat tumpu rata-rata Bambu Gombang adalah sebesar 36,47 MPa. Berdasarkan nilai kuat geser dan kuat tumpu dapat ditentukan jarak kritis baut pada sambungan Bambu Gombang dari ujung batang bambu tanpa ruas ke lubang baut adalah sepanjang $4,27D$ (4,27 kali diameter baut) atau setara dengan 54,23 mm. Data ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan geometri pada desain sambungan bambu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh dan pihak-pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

REFERENSI

- Anokye, R., Bakar, J, Ratnasingam and Bahar, 2016. The effects of nodes and resin on the mechanical properties of laminated bamboo timber produced from *Gigantochloa scotechinii*. *Journal Contruction and building material*, Vol. 105, pp. 285-290.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181530756X>
- Awalluddin, D., Azreen, M., Ariffin, M., Osman, M.H, Warid, M., Hussin, 2017. Mechanical properties of different bamboo species. *MATEC Web of Conferences*. 138, pp.1-10. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713801024>.
- Bhonde, 2014. Physical and Mechanical Properties of Bamboo (*Dendrocalmus Strictus*). *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(1), pp.455-459.
<https://www.ijser.org/researchpaper/Physical-and-Mechanical-Properties-of-Bamboo-Dendrocalmus-Strictus.pdf>
- Damayanti, R., Jasni, I.M., Sulastiningsih, Djawanto, Sihati, S., Gustan, P., Efrida, B., Sri, K., dan Abdurahman. 2019. Atlas Bambu Indonesia 1. IPB Press. Bogor. <https://www.perpusnas.go.id/>
- Destisari, Y. 2016. Pengaruh Diameter Baut Pada Jarak Baut Ke Ujung Bambu Pada Sistem Sambungan Bambu. Thesis. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. <https://etd.repository.ugm.ac.id/>

- Eratodi, I. B., Triwiyono, A., Awaludin, A., & Prayitno, T. A. 2013. Perilaku Mekanik Sambungan Struktur Bambu Laminasi Menggunakan Pelat Dan Baut (057S). <https://repository.uir.ac.id/2611/1/g2-KoNTeKS7.pdf>
- Gao, X., Zhu, D., Fan, S., Rahman, Z, Guo, S., and Chen, F., 2022. Structural and mechanical properties of bamboo fiber bundle and fiber bundle reinforced composites. *Journal of materials research and technology*, 19, pp.1162 - 1190. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.05.077>
- ISO N 22157-1. 2004. *Bamboo-Determinan of Physical and mechanical Properties*, Part 1. Laboratory Manual. <https://cdn.standards.iteh.ai/>
- ISO N 22157-2. 2004. *Bamboo-Determinan of Physical and mechanical Properties*, Part 2. Laboratory Manual. <https://cdn.standards.iteh.ai/>
- Masdar, A. Junnaidy, R, Miharti, I dan Masdar, A.D., 2018. Peningkatan Kuat Tarik beton berserat menggunakan serat bagian dalam bambu, Prosiding Konteks 12, pp. MT101-107. <https://konteks.web.id/series/>
- Masdar, A., Bambang, S., Suprpto, S., dan Djako, S. 2014. *Determinant of Critical Distance of Bolt on Bamboo Connection*. Jurnal Teknologi. 69(6). <https://journals.utm.my/jurnalteknologi/article/view/3319>
- Masdar, A., Noviarti, dan Ridha, S. 2019. Pengaruh Diameter Baut terhadap Kuat Tumpu Pelat Sambung Papan Laminasi Bambu Petung. 6th ACE Conference. Padang. <http://repository.stpyk.ac.id/29/>
- Masdar, A., Ronal, M.Y., Fatma, I.W., Anita, D.M., dan Ronny, J. 2023. Pengaruh Pengawetan terhadap Kuat Tekan Sejajar Serat Bambu Gombang (*Gigantochloa Pseudoarundinasea*). Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang, 10(1), pp.46-51. <https://jts.itp.ac.id/index.php/jts/article/view/713>
- Jose, A., Neto, G., Normando, P., Barbosa, Antônio, L., Beraldo, Aluísio., B dan de Melo, 2021. Physical and mechanical properties of the bambusa vulgaris as construction material. *Journal of Engenharia Agrícola*, 41(2), pp.119-126. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v41n2p119-126/2021>