Terbit *online* pada laman web jurnal :

https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |

Pengaruh Modifikasi Tulangan Bambu dengan Paku Sekrup Terhadap Daya Lekat Bambu-Beton

Alpin Maulidin[a], *Reza Farhandasi*[b]

[a] *Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Medan - Banda Aceh No.Km. 280 3, Lhokseumawe, 2430, Indonesia*
[b] *Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak, Jl. Jenderal Ahmad Yani, Pontianak, 78124, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 26 April 2025
Revisi Akhir: 02 Juni 2025
Diterbitkan *Online*: 25 Juni 2025

KATA KUNCI

Tulangan Bambu

Tegangan Lekat

Modifikasi Tulangan Bambu

Beton Bertulang Bambu

KORESPONDENSI

Telepon: "+62 822-1051-9543"

E-mail: alpin.maulidin@gmail.com

ABSTRACT

Penggunaan bambu sebagai material alternatif tulangan dalam beton telah menarik perhatian sebagai solusi ramah lingkungan dan berbiaya rendah. Namun dalam penggunaannya, daya lekat antara bambu dan beton sering kali menjadi kendala utama karena sifat permukaan bambu yang licin dan bambu yang memiliki sifat swelling yang relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan paku sekrup sebagai modifikasi pada tulangan bambu dalam meningkatkan daya lekat antara bambu dan beton. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan benda uji berupa beton silinder berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm mengacu pada ASTM C234-91a. Variasi perlakuan pada tulangan bambu meliputi tanpa modifikasi (POT-0), modifikasi dengan paku sekrup setinggi 1 cm (POT-1), dan modifikasi dengan paku sekrup setinggi 2 cm (POT-2). Sebanyak enam benda uji disiapkan untuk pengujian tarik lekat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan lekat rata-rata pada benda uji POT-0, POT-1, dan POT-2 masing-masing sebesar 0,813 MPa, 1,110 MPa, dan 1,243 MPa.

1. PENDAHULUAN

Konstruksi beton bertulang merupakan salah satu teknologi yang paling umum digunakan dalam pembangunan infrastruktur di seluruh dunia [1]. Penggunaan material tulangan konvensional, seperti baja, telah menjadi standar karena kekuatannya yang tinggi dan kemampuannya untuk berkolaborasi secara optimal dengan beton dalam menahan beban tarik. Namun, terdapat dampak negatif dari penggunaan baja secara berlebihan terhadap lingkungan. Penambangan bijih besi dapat menimbulkan dampak turunan berupa abrasi di sekitar area pertambangan [2]. Pada saat proses pembuatannya 1 kg baja, menghasilkan 1,85 ton CO_2 yang menyumbang 8% dari emisi karbon global [3]. Hal tersebut mendorong pencarian alternatif material tulangan yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Bambu adalah material alami yang melimpah di Indonesia, memiliki kekuatan tarik tinggi, bersifat terbarukan dan dapat tumbuh dengan cepat [4]. Bambu juga merupakan salah satu material alami yang awet dan tahan lama, dari segi kekuatan bambu bahkan memiliki kuat tarik yang sebanding dengan baja tulangan polos dan berat jenis yang lebih rendah [5]. Meski demikian, penggunaan bambu dalam beton menghadapi kendala teknis, terutama rendahnya daya lekat akibat permukaan bambu yang licin dan sifat mudah menyerap air (*swelling*) [6], [7]. Hal ini berpotensi menyebabkan slip antara bambu dan beton, yang mengurangi efektivitas struktur.
Upaya peningkatan daya lekat telah dilakukan melalui berbagai metode, seperti penggunaan perekat kimia,

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.305
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

pelapisan pasir, dan modifikasi fisik permukaan [8], [9], [10]. Pada penelitian lain penggunaan pola korugasi berbentuk V-notch mampu meningkatkan kekuatan lekat hingga 85% dibandingkan bambu tanpa perlakuan [11]. Penggunaan takikan berbentuk setenah lingkaran sebagai upaya untuk meningkatkan daya lekat tulangan bambu dengan beton juga terbukti berhasil [12]. Modifikasi permukaan tulangan bambu menggunakan pelapisan karet dan resin epoksi juga berhasil meningkatkan daya lekat tulangan bambu dan beton [13]. Beberapa modifikasi yang telah dilakukan pada permukaan tulangan bambu menegaskan bahwa pentingnya perlakukan khusus tulangan bambu sebelum dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan ikatan bambu dan beton [14], [15], [16].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penggunaan paku sekrup sebagai metode modifikasi permukaan bambu dalam meningkatkan daya lekat terhadap beton. Studi ini diharapkan dapat mendukung pengembangan alternatif tulangan lokal yang ramah lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

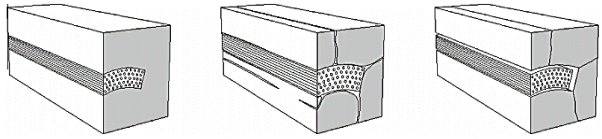
2.1. Bambu sebagai Material Alternatif Tulangan

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena sifatnya yang kuat terhadap gaya tekan, tahan lama, serta mudah dibentuk. Namun, beton memiliki kelemahan utama yaitu ketahanan yang rendah terhadap gaya tarik, sehingga memerlukan penguatan dari material lain, umumnya baja tulangan. Kombinasi antara beton dan baja ini dikenal sebagai beton bertulang, dan telah menjadi standar konstruksi modern sejak abad ke-19 [1], [2].

Meski memberikan kontribusi besar dalam ketahanan struktur, penggunaan baja dalam konstruksi beton juga menimbulkan sejumlah permasalahan. Produksi baja secara global menyumbang emisi karbon yang sangat besar. Menurut data dari *Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience* 2050, setiap ton baja yang diproduksi menghasilkan sekitar 1,85 ton CO_2 [3]. Hal ini menjadikan industri baja sebagai salah satu kontributor utama terhadap pemanasan global. Di sisi lain, eksplorasi bahan baku untuk pembuatan baja seperti bijih besi juga berdampak pada kerusakan lingkungan, termasuk degradasi lahan, pencemaran air, dan penurunan keanekaragaman hayati [2].
Namun demikian, penerapan bambu sebagai tulangan beton masih menghadapi tantangan, terutama dari sisi daya lekatnya dengan beton. Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan ilmiah dan inovatif untuk mengoptimalkan penggunaan bambu dalam struktur beton bertulang agar dapat menjadi solusi nyata bagi konstruksi yang ramah lingkungan

2.2. Tantangan Daya Lekat Bambu dan Beton

Salah satu tantangan utama dalam penggunaan bambu sebagai tulangan beton adalah rendahnya daya lekat antara bambu dan beton. Permasalahan ini terutama disebabkan oleh sifat permukaan bambu yang licin serta adanya lapisan lilin alami (*cuticle layer*) yang menghalangi terbentuknya ikatan kuat antara pasta semen dan permukaan bambu. Selain itu, bambu memiliki sifat higroskopis, yaitu menyerap dan melepaskan air dari lingkungan sekitar, yang dapat menyebabkan pembengkakan (*swelling*) dan penyusutan. Perubahan dimensi ini dapat memicu retak pada beton dan memperlemah ikatan antar material [9].



Gambar 1. Proses penyusutan bambu pada struktur beton bertulang

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut. Secara umum, solusi yang diusulkan terbagi dalam tiga kategori: (1) perlakuan kimia, (2) pelapisan permukaan, dan (3) modifikasi mekanis. Perlakuan kimia meliputi penggunaan larutan epoksi, larutan alkali, dan resin alami untuk meningkatkan kekasaran dan daya rekat permukaan. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan karena menambah biaya produksi dan berpotensi merusak lingkungan.

2.3. Penelitian Terkini dan Relevansi Penelitian Ini

Dalam lima tahun terakhir, fokus penelitian terhadap penggunaan bambu sebagai material alternatif tulangan beton mengalami peningkatan signifikan, seiring dengan tuntutan pengembangan konstruksi berkelanjutan dan ramah lingkungan.

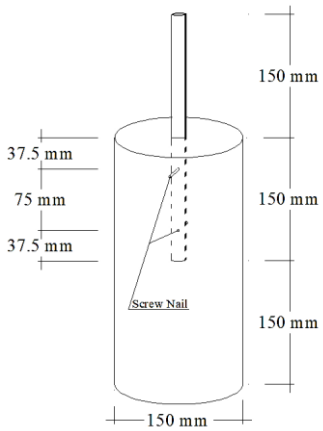
Penelitian terkini menyoroti potensi bambu sebagai material pengganti baja dalam struktur beton, khususnya dalam konteks bangunan non-permanen dan wilayah pedesaan. Akan tetapi, rendahnya daya lekat bambu terhadap beton masih menjadi isu utama yang membatasi penerapannya secara luas.
Beberapa pendekatan telah diteliti untuk mengatasi permasalahan tersebut, antara lain pelapisan permukaan menggunakan pasir atau resin, penggunaan epoksi, serta penerapan pola permukaan seperti V-notch atau alur spiral. Berangkat dari temuan-temuan tersebut, penelitian ini

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.305

menawarkan pendekatan yang sederhana, murah, dan mudah diaplikasikan di lapangan, yaitu dengan memodifikasi tulangan bambu menggunakan paku sekrup**.**

3. METODOLOGI

Pengujian dilakukan menggunakan benda uji berbentuk silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Gambar 2). Tulangan bambu dimodifikasi dengan paku sekrup pada dua variasi tinggi (1 cm dan 2 cm), serta satu kontrol tanpa modifikasi. Masing-masing variasi diuji sebanyak dua spesimen.



Gambar 2. Desain benda uji kuat lekat tulangan bambu

Pengujian dilakukan dengan metode *pull out test* mengacu pada standar ASTM C234-91a. Bambu ditanam sepanjang 15 cm ke dalam beton. Gaya tarik yang menyebabkan slip pada bambu diukur untuk menghitung tegangan lekat berdasarkan luas permukaan kontak.

Tegangan lekat dihitung berdasarkan beban maksimum saat uji tarik dan luas bidang kontak bambu. Hasil dibandingkan antar variasi dan dianalisis untuk melihat tren pengaruh modifikasi terhadap kekuatan lekat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian pull out test didapatkan data kuat lekat bambu terhadap beton untuk setiap masing-masing variable yaitu POT-0, POT-1, dan POT-2. Dokumentasi pengujian *pull out test* diperlihatkan pada Gambar 3.

.

Gambar 3. Dokumentasi Pengujian *Pull Out Test*

Total benda uji yang dilakukan pengujian *pull out test* berjumlah 6 buah, dengan rincian 2 buah untuk *variable* 0 cm atau tanpa penggunaan paku sekrup, 2 buah untuk variabel kait sekrup 1 cm, dan 2 buah untuk variabel kait sekrup 2 cm. Hasil *pull out test* disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Pull Out Test*

Benda Uji	Bidang Lekat (mm^2)	Beban (kN)	Tegangan Lekat (MPa)
POT-0a	7536	6,27	0,832
POT-0b		5,98	0,794
POT-1a		8,33	1,105
POT-1b		8,40	1,115
POT-2a		9,31	1,235
POT-2b		9,43	1,251

Berdasarkan Tabel 1, tegangan lekat meningkat seiring penambahan paku sekrup sebagai modifikasi fisik permukaan bambu. POT-2 memberikan nilai tertinggi, meski selisihnya dengan POT-1 relatif kecil.

4.2. Pengaruh Modifikasi pada Tegangan Lekat

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa penambahan paku sekrup pada tulangan bambu memberikan dampak positif terhadap peningkatan daya lekat antara bambu dan beton. Tegangan lekat meningkat secara signifikan dari POT-0 (0,813 MPa) ke POT-1 (1,110 MPa) dengan persentase peningkatan sebesar 36,5%.

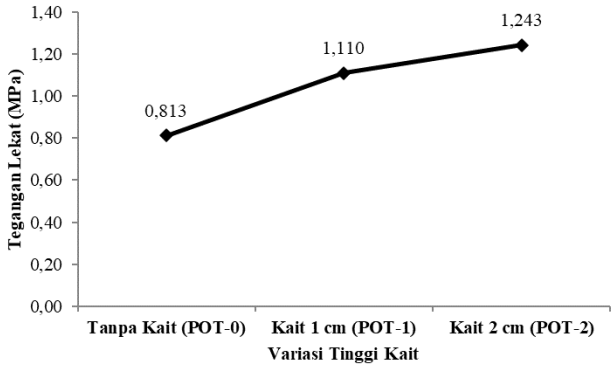
Hal ini menunjukkan bahwa paku sekrup setinggi 1 cm berhasil meningkatkan daya lekat bambu dengan beton, sehingga meningkatkan interaksi mekanis antara bambu dan beton. Hasil ini berkaitan dengan beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh

4.3. Efek Peningkatan Tinggi Sekrup

Modifikasi lanjutan dengan menambahkan tinggi sekrup menjadi 2 cm (POT-2) menghasilkan tegangan lekat sebesar 1,243 MPa dengan persentase peningkatan sebesar 12% (Gambar 4). Kenaikan ini mengindikasikan bahwa

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.305

modifikasi permukaan bambu dengan kait paku sekrup efektif meningkatkan interaksi mekanis antara tulangan bambu dan beton.



Gambar 4. Diagram Hubungan Tegangan Lekat Rata-rata dan Tinggi Kait Paku Sekrup

Peningkatan paling signifikan terjadi pada penggunaan paku sekrup 1 cm (POT-1). Penambahan tinggi sekrup menjadi 2 cm (POT-2) masih meningkatkan daya lekat, tetapi kenaikannya relatif lebih kecil, menunjukkan kemungkinan adanya titik jenuh kontribusi modifikasi fisik terhadap kekuatan lekat. Hal ini sejalan dengan studi oleh Usidamen et al. (2024) [17] yang menyatakan bahwa peningkatan dimensi elemen modifikasi memiliki batas efektivitas [17].

4.4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini menunjukkan pola peningkatan daya lekat yang juga ditemukan dalam penelitian sebelumnya, Sebagai perbandingan, penggunaan V-notch sebagai modifikasi pemukaan bambu memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi dibandingkan tanpa modifikasi [11], [18]. Hasil dalam penelitian ini, yakni 1,243 MPa dengan modifikasi paku sekrup, menunjukkan bahwa metode ini mampu mencapai kinerja yang sebanding dengan teknologi yang lebih kompleks, namun dengan pendekatan yang lebih sederhana dan praktis.

Modifikasi peningkatan daya lekat yang dicapai melalui metode lain seperti pelapisan, pemotongan pola, atau penggunaan material tambahan, memberikan gambaran bahwa karakteristik permukaan merupakan faktor penting dalam optimalisasi performa bambu sebagai tulangan alternatif. Hasil serupa juga dikemukakan oleh Wang et al. (2023) [19] yang menunjukkan bahwa perlakuan terhadap permukaan bambu memiliki dampak signifikan dalam memperkuat ikatan antara bambu dan beton [19].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian yang telah dilakukan modifikasi menggunakan paku sekrup efektif dalam meningkatkan daya lekat tulangan bambu. Peningkatan POT-0 ke POT-1 menunjukkan kenaikan signifikan (36,5%). Ini merupakan tahap yang paling berdampak dalam meningkatkan daya lekat karena adanya pengenalan permukaan kasar melalui paku sekrup. Peningkatan POT-1 ke POT-2 lebih kecil (12%), mengindikasikan bahwa setelah tinggi kait mencapai 1 cm, peningkatan tinggi kait berikutnya memberikan tambahan yang lebih kecil pada daya lekat. Hal ini mengindikasikan adanya batas kontribusi tinggi kait terhadap tegangan lekat yang bisa dijadikan bahan kajian untuk studi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ministry of Environment and Forestry, “Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050,” Indonesia LTS-LCCR 2050, Jakarta, 2021.

[2] M. P. Rosha dan R. A. Pratama, “Dampak Ekosistem Lingkungan Terhadap Proses Pertambangan Pasir Besi Di Wiilayah Indonesia,” *Jurnal Teknik Unjani*, pp. 1-6, 2017.

[3] P. Kumar, P. Gautam, S. Kaur, M. Chaudhary, A. Afreen dan T. Mehta, “Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, no. 15, pp. 6793-6799, 2021.

[4] C. A. Odega, O. O. Ayodele, S. O. Ogutuga, G. T. Anguruwa, A. E. Adekunle dan C. O. Fakorede, “Potential Application and Regeneration of Bamboo Biochar for Wastewater Treatment: a Review,” *Advances in Bamboo Science*, vol. 2, 2023.

[5] B. R. Subchan, B. A. Tayeh, E. Widayanto dan K. A. Wiswamitra, “Bamboo's Evolution as a Sustainable Material: a Comprehensive Exploration and Practical Integration as a Structural Element in Concrete, Bridge Frameworks, and Architectural Perspectives,” *Architectural Engineering and Design Management* , vol. 20, no. 6, 2024.

[6] Morisco, Rekayasa Bambu, Yogyakarta: Nafiri Offset, 1999.

[7] M. Tariq, S. Haydar , R. A. Khushnood, E. U. Haq, A. Hameed dan N. Khan, “Advancing Sustainable Construction: Experimental Study of Concrete Beams Reinforced with Chemically Treated Bamboo and Enhanced Interfacial Bonding using Nanotechnology,” *Journal of Building Engineering*, vol. 99, 2025.

[8] Y. Jung, Investigation Of Bamboo As Reinforcement In Concrete, Texas: University of Texas at Arlington, 2006.

[9] A. Javadian, M. Wielopolski, I. Smith dan D. Hebel, “Bond Behavior Study of Newly Developed Bamboo Composite Reinforcement In Concrete,” *Construction and Building Materials*, vol. 122, pp. 110-117, 2016.

[10] V. Pahuja dan P. K. Ghosh, “Assessment of Bond Strength in Bamboo-Reinforced Concrete,” *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, vol. 10, no. 4, 2024.

[11] M. Tazowar, A. F. A. Siddique dan I. Ahmed, “A Novel Approach for Enhancing the Bond Performance of Bamboo Reinforced Concrete by Surface Treatment and

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.305

Corrugation," *Construction and Building Materials,* vol. 409, 2023.

[12] M. N. Fajar, H. Parung dan A. A. Amiruddin, "Perilaku Lekatan Tulangan Bambu Takikan Terhadap Beton Normal dan Beton SCC," *Jurnal Konstruksia* , vol. 14, no. 2, 2023.

[13] M. Terai, "Bond Properties of Bamboo Reinforcement," *Journal of Building Engineering,* vol. 86, 2024.

[14] N. Waghmare, "Partial Replacement of Steel Reinforcement by Bamboo," *Tech International Journal for Research and Innovation,* vol. 1, no. 4, 2021.

[15] V. Harelimana, J. Zhu, J. Yuan dan C. Uwitonze, "Investigating the Bamboo as Alternative Partial Replacement of Steel Bars in Concrete Reinforcement Members," *The Structural Design of Tall Special Buildings,* vol. 31, no. 6, 2022.

[16] H. Javed, S. Hussain, S. Moiz dan Z. Ahmed, "Bamboo Reinforcement: An Eco-Friendly Composite to Steel Reinforcement," *Journal of Civil Engineering and Construction,* vol. 13, no. 4, pp. 170-178, 2024.

[17] D. Usidamen, O. R. Ogirigbo dan E. Nwankwo, "An Experimental and Numerical Evaluation of the Structural Performance of Bamboo-Reinforced Concrete Beams," *Discover Civil Engineering,* vol. 1, no. 147, 2024.

[18] Y. Luo, C. Ye, H. Zhong, P. Ni, W. Li dan Z. Zeng, "Pullout Capacity at the Bamboo Reinforcement-Compacted Earth Interface," *Geosynthetics International,* 2024.

[19] G. Wang, Y. Wei, S. Chen, K. Zhao dan Z. Zhou, "Bond Performance Between Surface-Modified Bamboo Bars and Concrete Under Pull-Out Loading," *Journal of Building Engineering,* vol. 79, 2023.

https://doi.org/10.35583/js.v13i1.305