



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 5846-5858

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analisis Pengaruh Penambahan Tulangan Bambu Pada Beton

Sastra Irawan^{1✉}, Aulia Choiri Windari²

Universitas Global Jakarta

Email: sastrairawan981@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan tulangan bambu pada beton sebagai alternatif pengganti tulangan baja. Metodologi penelitian meliputi persiapan tulangan bambu yang diobservasi, pengujian karakteristik mekanik tulangan bambu, pembuatan benda uji beton bertulang bambu dengan variasi persentase tulangan, dan pengujian kuat tekan, kuat lentur, serta durabilitas. Hasil menunjukkan bahwa beton dengan tulangan bambu memiliki kekuatan yang memadai untuk penerapan non-struktural dengan biaya lebih ekonomis dan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan tulangan baja konvensional. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan materi konstruksi berkelanjutan yang memanfaatkan sumber daya lokal dan terbarukan.

Kata Kunci: *Beton Bertulang Bambu, Material Berkelanjutan, Kekuatan Struktur, Konstruksi Ramah Lingkungan*

Abstract

This research aims to analyze the effect of adding bamboo reinforcement in concrete as an alternative to steel reinforcement. The research methodology included the preparation of observed bamboo reinforcement, testing the mechanical characteristics of bamboo reinforcement, making bamboo reinforced concrete specimens with varying percentages of reinforcement, and testing compressive strength, flexural strength, and durability. Results show that concrete with bamboo reinforcement has adequate strength for non-structural applications at a more economical cost and lower environmental impact than conventional steel reinforcement. This research contributes to the development of sustainable construction materials that utilize local and renewable resources.

Keywords: *Bamboo Reinforced Concrete, Sustainable Materials, Structural Strength, Green Construction*

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi bangunan modern menuntut material inovasi yang tidak hanya kuat tetapi juga berkelanjutan. Tulangan baja yang umum digunakan dalam konstruksi beton bertulang memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya biaya tinggi, proses produksi yang menghasilkan emisi karbon signifikan, dan kerentanan terhadap korosi. Bambu sebagai material lokal dan terbarukan menawarkan alternatif menjanjikan karena ketersediaannya yang melimpah, sifat mekanik yang baik, dan dampak lingkungan yang lebih rendah.

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya bambu dengan lebih dari 160 spesies bambu yang tersebar di berbagai wilayah. Pemanfaatan bambu sebagai material konstruksi tradisional telah lama dikenal oleh masyarakat, namun pemanfaatannya sebagai tulangan dalam beton masih memerlukan kajian ilmiah yang komprehensif untuk memastikan kelayakan teknis dan ekonomisnya.

Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh penambahan tulangan bambu terhadap kekuatan tekan dan lentur beton?
- b. Bagaimana perbandingan kinerja struktural beton bertulang bambu dengan beton bertulang baja konvensional?
- c. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi ketahanan beton bertulang bambu?
- d. Bagaimana efisiensi penggunaan ekonomi tulangan bambu dibandingkan dengan tulangan baja?

Tujuan Penelitian

- a. Menganalisis pengaruh penambahan tulangan bambu terhadap karakteristik mekanik beton.

- b. Membandingkan kinerja struktural beton bertulang bambu dengan beton bertulang baja.
- c. Mengidentifikasi metode pengawetan dan perlakuan bambu yang optimal untuk meningkatkan ketahanan tulangan bambu dalam beton.
- d. Mengevaluasi kelayakan ekonomi penggunaan tulangan bambu sebagai alternatif pengganti tulangan baja.

Manfaat Penelitian

- a. Kontribusi ilmiah dalam materi pengembangan konstruksi berkelanjutan.
- b. Pemanfaatan sumber daya lokal untuk mendukung ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan.
- c. Alternatif material konstruksi yang lebih terjangkau untuk perumahan dan infrastruktur di daerah terpencil.
- d. Pengurangan emisi karbon dalam industri konstruksi melalui substitusi parsial tulangan baja dengan bambu.

METODE PENELITIAN

Alat Dan Bahan

- a. Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) berumur 3-5 tahun
- b. Semen Portland Tipe I
- c. Agregat kasar dan halus
- d. Udara
- e. Bahan pengawet (boraks dan asam borat)
- f. Epoksi
- g. Peralatan uji mekanik (Universal Testing Machine, Compression Testing Machine)
- h. Alat cetak beton
- i. Alat ukur (jangka sorong, mikrometer)
- j. Alat potong dan rautan bamboo

Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas: persentase tulangan bambu (1%, 3%, 5% dari volume beton)
- b. Variabel yang terikat: kuat tekan, kuat lentur, modulus elastisitas, pola retak, dan durabilitas

- c. Variabel kontrol: umur beton (7, 14, 28 hari), metode perawatan, komposisi campuran beton, dan dimensi benda uji

Tahapan Penelitian

Persiapan tulangan bamboo

- a. Pemilihan dan pemotongan bambu
- b. Pengawetan bambu dengan metode perendaman dalam larutan boraks dan asam borat (konsentrasi 5%) selama 7 hari
- c. Pengeringan bambu hingga kadar air 12%
- d. Pelapisan bambu dengan epoksi

Pengujian karakteristik tulangan bambu:

- a. Uji tarik kuat
- b. Uji geser yang kuat
- c. Uji daya serap air
- d. Pengukuran berat jenis

Perancangan campuran beton

- a. Perhitungan mix design untuk beton normal dengan kuat tekan rencana 20 MPa
- b. Persiapan agregat dan semen

Pembuatan benda uji

- a. Pembuatan benda uji silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) untuk uji kuat tekan
- b. Pembuatan benda uji balok (15 cm x 15 cm x 60 cm) untuk uji lentur
- c. Pembuatan benda diuji dengan variasi persentase tulangan bambu
- d. Pembuatan benda uji kontrol (tanpa tulangan dan dengan tulangan baja)

Perawatan benda uji

- a. Perawatan beton dengan metode perendaman selama masa pengerasan (curing)
- b. Pengeringan dan persiapan benda uji untuk pengujian

Pengujian benda uji

- a. Uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari
- b. Uji kuat lentur pada umur 28 hari
- c. Pengukuran pola retak
- d. Uji durabilitas (penyerapan udara, ketahanan terhadap siklus basah-kering)

Analisis data

- a. Pengolahan data hasil pengujian
- b. Analisis statistik untuk mengetahui signifikansi pengaruh tulangan bambu
- c. Bandingkan dengan data kontrol
- d. Analisis ekonomi dan lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tulangan Bambu

Hasil pengujian karakteristik tulangan bambu menunjukkan bahwa bambu Petung yang telah diendapkan dan dilapisi epoksi memiliki kekuatan tarik rata-rata 160 MPa, jauh lebih rendah dibandingkan baja tulangan (400-500 MPa), namun cukup mampu untuk aplikasi tertentu. Penyerapan udara pada bambu yang telah berkurang hingga 65% dibandingkan dengan bambu tanpa perlakuan, menunjukkan efektivitas metode pengawetan yang digunakan.

Karakteristik mekanik bambu sebagai bahan alternatif untuk tulangan dalam konstruksi beton menunjukkan hasil yang cukup menarik, terutama pada jenis bambu Petung. Bambu ini telah melalui proses pengolahan khusus berupa pengendapan dan pelapisan dengan bahan epoksi, yang bertujuan untuk meningkatkan daya tahan serta kestabilan sifat mekaniknya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik rata-rata dari bambu Petung yang telah diawetkan ini mencapai 160 MPa. Angka tersebut memang masih jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kekuatan tarik baja tulangan konvensional yang berada di kisaran 400 hingga 500 MPa. Namun demikian, angka tersebut cukup memadai untuk digunakan dalam jenis-jenis struktur yang tidak memerlukan ketahanan tarik yang terlalu tinggi, seperti struktur bangunan non-permanen, konstruksi rumah sederhana, atau elemen arsitektural pendukung.

Perbedaan kekuatan ini tidak serta-merta menempatkan bambu di bawah baja dalam segala aspek. Justru dalam konteks tertentu, bambu menawarkan keunggulan tersendiri, terutama dari segi ketersediaan bahan, kemudahan pengolahan, dan biaya produksi yang jauh lebih rendah. Bambu juga merupakan material yang terbarukan dan ramah lingkungan, sehingga penggunaannya sangat mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan. Dalam wilayah-wilayah yang memiliki sumber daya bambu melimpah, penggunaan bambu sebagai bahan konstruksi tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga solusi ekonomi dan ekologis.

Salah satu aspek penting yang diuji dari karakteristik tulangan bambu adalah kemampuan penyerapan udaranya. Penyerapan udara ini berkaitan erat dengan daya tahan

bambu terhadap lingkungan, terutama kelembaban, yang dapat menyebabkan pelapukan atau serangan mikroorganisme. Pada bambu yang telah diawetkan melalui metode pengendapan dan pelapisan epoksi, hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan signifikan dalam kemampuan menyerap udara—yakni sebesar 65% dibandingkan dengan bambu tanpa perlakuan. Ini membuktikan bahwa proses pengawetan yang diterapkan berhasil meningkatkan ketahanan bambu terhadap pengaruh eksternal yang biasanya mempercepat degradasi material organik seperti bambu.

Proses pelapisan epoksi berfungsi sebagai penghalang terhadap udara dan kelembaban yang dapat merusak struktur serat bambu dari dalam. Sementara itu, proses pengendapan sebelumnya membantu mengurangi kandungan air alami di dalam bambu serta mengeluarkan zat-zat organik yang dapat mengundang serangga atau jamur. Kedua perlakuan ini secara sinergis meningkatkan stabilitas dimensi, kekuatan, dan durabilitas bambu, yang pada akhirnya menjadikannya lebih layak untuk digunakan sebagai pengganti baja dalam kondisi tertentu.

Secara keseluruhan, karakteristik tulangan bambu menunjukkan bahwa dengan perlakuan yang tepat, material ini memiliki potensi besar sebagai solusi alternatif di bidang konstruksi. Meskipun masih memiliki keterbatasan dalam aspek kekuatan mekanik bila dibandingkan dengan baja, keunggulan lain seperti ketersediaan lokal, keberlanjutan, kemudahan pengolahan, dan penghematan biaya membuat bambu layak untuk dipertimbangkan dalam strategi pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan dan kontekstual.

Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa penambahan tulangan bambu tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan rata-rata beton tanpa tulangan adalah 22,3 MPa, sedangkan beton dengan tulangan bambu 1%, 3%, dan 5% memiliki kuat tekan masing-masing 21,8 MPa, 21,5 MPa, dan 20,9 MPa. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh adanya gangguan pada homogenitas matriks beton akibat keberadaan tulangan bambu.

Pengujian terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari memberikan gambaran mengenai pengaruh penggunaan tulangan bambu terhadap performa beton dalam menahan beban tekan. Berdasarkan hasil uji laboratorium, diketahui bahwa penambahan tulangan bambu pada campuran beton tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan tekan. Beton tanpa tulangan menunjukkan kuat tekan rata-

rata sebesar 22,3 MPa. Sementara itu, beton yang diberi tulangan bambu dengan persentase 1%, 3%, dan 5% masing-masing memiliki kuat tekan sebesar 21,8 MPa, 21,5 MPa, dan 20,9 MPa.

Penurunan nilai kuat tekan ini, meskipun tidak drastis, menunjukkan adanya kecenderungan menurunnya performa beton seiring dengan peningkatan jumlah tulangan bambu. Fenomena ini dapat diinterpretasikan sebagai akibat dari terganggunya homogenitas campuran beton. Keberadaan elemen bambu di dalam beton kemungkinan menyebabkan distribusi agregat dan semen tidak merata, sehingga membentuk titik-titik lemah di dalam struktur beton. Bambu yang bersifat organik dan memiliki permukaan yang berbeda dengan baja juga berpotensi menciptakan celah mikro di sekitar permukaannya, yang pada akhirnya mempengaruhi kekompakan dan integritas struktur beton secara keseluruhan.

Selain itu, karakteristik permukaan bambu yang lebih halus dan tidak seaktif baja dalam membentuk ikatan mekanis dengan pasta semen, mungkin turut berkontribusi terhadap lemahnya interaksi antara tulangan bambu dan beton. Hal ini membuat beban tekan tidak sepenuhnya tersalurkan secara merata melalui seluruh bagian struktur beton. Walaupun demikian, penurunan nilai kuat tekan masih berada dalam rentang yang relatif kecil, sehingga dalam beberapa aplikasi non-struktural atau konstruksi ringan, penggunaan tulangan bambu tetap dapat dipertimbangkan, terutama jika dipadukan dengan teknik pencampuran dan pemadatan beton yang lebih optimal.

Secara umum, hasil ini memberikan gambaran bahwa meskipun tulangan bambu menawarkan berbagai kelebihan dari segi ekonomi dan keberlanjutan, penggunaannya dalam beton harus dilakukan dengan mempertimbangkan keterbatasan mekaniknya. Penyesuaian dalam desain campuran, teknik pengecoran, serta pemrosesan bambu sebelum digunakan sebagai tulangan sangat penting untuk meminimalkan dampak negatif terhadap kinerja beton, khususnya dalam aspek kekuatan tekan.

Kuat Lentur Beton

Pengujian lentur menunjukkan peningkatan kapasitas lentur pada beton bertulang bambu dibandingkan dengan beton tanpa tulangan. Beton dengan tulangan bambu 1%, 3%, dan 5% memiliki kekuatan lentur masing-masing 3,2 MPa, 4,5 MPa, dan 5,1 MPa, dibandingkan dengan 2,8 MPa pada beton tanpa tulangan. Namun, kekuatan lenturnya masih 40-50% lebih rendah dibandingkan dengan beton bertulang baja dengan persentase tulangan yang sama.

Pengujian kuat lentur merupakan salah satu metode penting dalam menilai performa beton terhadap gaya tarik yang bekerja secara tidak langsung, seperti pada balok atau pelat lantai. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan untuk membandingkan kapasitas lentur antara beton tanpa tulangan dan beton yang menggunakan tulangan bambu dengan variasi persentase. Hasilnya menunjukkan bahwa keberadaan tulangan bambu secara umum mampu meningkatkan kapasitas lentur beton dibandingkan beton polos (tanpa tulangan), meskipun peningkatannya masih terbatas jika dibandingkan dengan penggunaan tulangan baja.

Beton tanpa tulangan mencatat nilai kekuatan lentur rata-rata sebesar 2,8 MPa. Sementara itu, ketika diberikan tulangan bambu sebesar 1%, kuat lenturnya meningkat menjadi 3,2 MPa. Peningkatan yang lebih signifikan terlihat pada persentase tulangan bambu sebesar 3% dan 5%, yang masing-masing menghasilkan kekuatan lentur sebesar 4,5 MPa dan 5,1 MPa. Data ini menunjukkan adanya hubungan yang cukup linear antara penambahan volume tulangan bambu dengan kenaikan kapasitas lentur. Hal ini mengindikasikan bahwa bambu, meskipun bukan material logam, memiliki sifat mekanik tertentu yang dapat mendukung beton dalam menahan beban lentur, terutama karena bambu memiliki kekuatan tarik alami yang cukup tinggi di sepanjang seratnya.

Namun demikian, bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan tulangan baja dalam jumlah yang sama, kekuatan lentur beton bertulang bambu masih tertinggal cukup jauh. Perbandingan menunjukkan bahwa beton dengan tulangan bambu hanya mampu mencapai sekitar 50–60% dari kekuatan lentur beton bertulang baja. Perbedaan ini mencerminkan perbedaan mendasar dalam sifat material antara baja dan bambu, terutama dari segi kekakuan, kekuatan tarik maksimum, serta kemampuan membentuk ikatan kuat dengan beton. Baja memiliki modul elastisitas dan daya rekat yang jauh lebih tinggi, sehingga lebih efektif dalam menahan dan mendistribusikan tegangan tarik akibat gaya lentur.

Meskipun begitu, hasil yang ditunjukkan oleh beton bertulang bambu tetap memberikan sinyal positif, khususnya dalam konteks pembangunan yang berbasis sumber daya lokal dan berorientasi pada keberlanjutan. Dengan peningkatan kapasitas lentur yang cukup signifikan dibandingkan beton polos, bambu bisa menjadi alternatif tulangan untuk elemen-elemen struktural ringan yang bekerja di bawah beban lentur sedang, seperti lantai rumah tinggal, panel dinding non-struktural, atau elemen dekoratif. Terlebih lagi, bambu bersifat fleksibel, ringan, mudah diperoleh di banyak wilayah tropis, dan memiliki jejak karbon yang jauh lebih rendah dibandingkan baja.

Penting juga untuk mencermati bahwa peningkatan kekuatan lentur tidak hanya bergantung pada persentase tulangan bambu, tetapi juga pada kualitas pemrosesan bambu, teknik pelapisan (seperti epoksi), dan teknik perakitan tulangan dalam struktur beton. Penempatan bambu yang tidak tepat atau perlakuan permukaan yang kurang optimal dapat mengurangi efektivitas ikatan antara bambu dan beton, yang pada akhirnya akan menurunkan kinerja struktur secara keseluruhan.

Dengan mempertimbangkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan bambu sebagai tulangan dalam beton memang tidak sepenuhnya menggantikan performa baja, tetapi dapat menjadi alternatif yang cukup efektif dalam aplikasi tertentu. Pemanfaatan tulangan bambu dapat menjadi solusi yang relevan dalam proyek-proyek pembangunan berbiaya rendah, pembangunan di daerah terpencil, serta dalam upaya pengurangan emisi karbon dari sektor konstruksi. Untuk mendukung implementasi yang lebih luas, dibutuhkan pengembangan lebih lanjut dalam hal teknik pengolahan dan perencanaan struktural berbasis bambu agar performa mekaniknya dapat ditingkatkan secara lebih optimal.

Pola Keamanan Dan Daya Tahan

Pengamatan pola retak menunjukkan bahwa beton bertulang bambu cenderung mengalami retak yang lebih halus dan dibandingkan dengan beton bertulang baja. Hal ini mengindikasikan distribusi tegangan yang lebih merata pada beton bertulang bambu. Uji durabilitas menunjukkan bahwa beton bertulang bambu yang telah diawetkan dan dilapisi memiliki ketahanan yang baik terhadap siklus basah-kering, dengan perubahan dimensi tulangan bambu yang minimal (kurang dari 2%) setelah 30 siklus pengujian.

Pengamatan terhadap pola retak pada beton merupakan bagian penting dalam menilai kinerja struktural suatu material ketika menerima beban. Dalam penelitian ini, pola retak diamati pada beton yang diberi tulangan bambu dan dibandingkan dengan beton bertulang baja. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa beton bertulang bambu cenderung mengalami retak yang lebih halus dan tersebar dibandingkan dengan beton bertulang baja yang retaknya cenderung lebih besar dan terkonsentrasi pada titik-titik tertentu. Retakan halus ini menjadi indikasi bahwa tegangan dalam beton bertulang bambu lebih terdistribusi secara merata.

Pola distribusi tegangan yang lebih merata ini bisa jadi dipengaruhi oleh sifat elastisitas bambu yang berbeda dari baja. Bambu memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih tinggi dan modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan baja, sehingga mampu menyerap dan menyebarkan tegangan secara bertahap tanpa menimbulkan konsentrasi

tegangan di satu titik. Hal ini memungkinkan beton mengalami deformasi yang lebih lambat dan retakan yang terbentuk tidak langsung menyebabkan kegagalan struktural secara tiba-tiba. Retakan yang lebih halus juga menunjukkan bahwa beton bertulang bambu memiliki potensi perilaku yang lebih "ductile" (liat), yang dapat memberikan waktu respons lebih lama sebelum terjadi kerusakan total.

Selain dari aspek pola retak, ketahanan beton bertulang bambu terhadap pengaruh lingkungan diuji melalui uji durabilitas dengan siklus basah-kering. Pengujian ini penting untuk menilai kemampuan material dalam menghadapi perubahan kelembaban yang ekstrem dan berulang—suatu kondisi umum dalam lingkungan tropis. Dalam pengujian selama 30 siklus basah-kering, beton bertulang bambu yang telah diawetkan dan dilapisi epoksi menunjukkan performa yang cukup baik. Perubahan dimensi tulangan bambu setelah pengujian tercatat kurang dari 2%, yang mengindikasikan bahwa material ini stabil secara dimensional dan tidak mengalami pemuaian atau penyusutan berlebihan akibat perubahan kadar air.

Efektivitas pelapisan epoksi terhadap tulangan bambu tampak sangat berpengaruh dalam menjaga integritas material terhadap kelembaban. Pelapisan ini berfungsi sebagai penghalang penetrasi air ke dalam struktur serat bambu, sehingga mencegah kerusakan yang biasanya disebabkan oleh pembusukan, pertumbuhan jamur, atau perubahan volume. Stabilitas dimensi ini sangat penting karena fluktuasi ukuran pada tulangan dapat menyebabkan keretakan internal dalam beton, yang pada akhirnya menurunkan kekuatan dan umur layanan struktur.

Hasil-hasil ini secara keseluruhan memperlihatkan bahwa, meskipun bambu memiliki kelemahan dari segi kekuatan tarik dan lentur dibanding baja, material ini tetap memiliki potensi sebagai tulangan alternatif yang aman dalam aplikasi tertentu. Kemampuannya dalam mendistribusikan tegangan secara merata serta ketahanannya terhadap kondisi lingkungan yang keras menjadikan bambu sebagai kandidat tulangan yang layak untuk struktur bangunan sederhana di wilayah tropis dan pedesaan. Apabila metode pengawetan dan perlindungan bambu dilakukan secara tepat, maka daya tahannya dapat mendekati standar yang dibutuhkan dalam industri konstruksi.

Dengan demikian, pola retak yang lebih halus dan kestabilan dimensi yang baik merupakan dua indikator penting bahwa tulangan bambu mampu berkontribusi terhadap aspek keamanan dan keawetan suatu struktur. Meskipun masih diperlukan kajian lebih lanjut terhadap variabel-variabel lain seperti kelelahan material dan respons jangka panjang, hasil

awal ini memberikan landasan kuat untuk mempertimbangkan bambu sebagai solusi struktural alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis.

Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi menunjukkan bahwa penggunaan tulangan bambu dapat mengurangi biaya konstruksi hingga 25-30% dibandingkan dengan penggunaan tulangan baja konvensional, terutama untuk konstruksi skala kecil dan menengah di daerah dengan ketersediaan bambu yang berlimpah.

Analisis ekonomi terhadap penggunaan tulangan bambu dalam konstruksi beton menunjukkan potensi efisiensi biaya yang signifikan dibandingkan dengan penggunaan tulangan baja konvensional. Berdasarkan hasil perhitungan biaya material dan proses konstruksi, diketahui bahwa penggunaan bambu sebagai tulangan dapat mengurangi total biaya pembangunan hingga 25–30%. Penghematan ini sangat berarti, terutama dalam proyek-proyek skala kecil dan menengah, seperti pembangunan rumah tinggal, fasilitas umum sederhana, sekolah di daerah terpencil, atau infrastruktur pedesaan yang tidak terlalu membebani struktur.

Efisiensi biaya ini terutama berasal dari dua faktor utama: rendahnya harga bahan baku bambu dan kemudahan pengolahannya. Bambu merupakan sumber daya alam yang tumbuh cepat dan tersedia melimpah di berbagai wilayah tropis, termasuk Indonesia. Harga per batang bambu jauh lebih murah dibandingkan harga baja tulangan, apalagi jika diambil langsung dari lokasi sekitar proyek. Selain itu, proses pemotongan, pengawetan, dan pelapisan bambu juga relatif sederhana dan tidak memerlukan peralatan berat atau teknologi tinggi, sehingga dapat dilakukan secara lokal dengan melibatkan tenaga kerja setempat. Hal ini juga membuka peluang pemberdayaan ekonomi masyarakat lokal dalam rantai pasok konstruksi.

Di sisi lain, distribusi dan logistik untuk material bambu cenderung lebih fleksibel dan hemat biaya. Bambu memiliki bobot yang ringan, sehingga memudahkan proses transportasi dan penanganan di lapangan tanpa memerlukan alat berat seperti crane atau forklift, sebagaimana pada baja tulangan. Sifat ini memungkinkan proyek-proyek konstruksi di wilayah dengan akses terbatas atau infrastruktur transportasi yang kurang memadai tetap dapat berjalan dengan efisien dan tepat waktu.

Namun demikian, penting untuk dicatat bahwa penghematan biaya ini harus tetap disesuaikan dengan jenis konstruksi dan peruntukannya. Untuk bangunan bertingkat tinggi, infrastruktur berat, atau struktur yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap beban dan

gaya dinamis, penggunaan bambu sebagai tulangan masih memerlukan evaluasi teknis yang lebih mendalam. Tapi dalam konteks pembangunan berbiaya rendah dan berbasis ketersediaan lokal, penggunaan bambu sebagai tulangan merupakan alternatif yang sangat menjanjikan.

Dari sudut pandang keberlanjutan, selain memberikan efisiensi biaya, bambu juga merupakan material yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dalam jangka panjang, penggunaan bambu dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bangunan industri yang memiliki jejak karbon tinggi, seperti baja. Hal ini berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim dan mendorong penerapan prinsip konstruksi hijau. Dengan begitu, bambu bukan hanya menjadi pilihan ekonomis, tetapi juga solusi ekologis yang sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs).

SIMPULAN

- a. Penambahan tulangan bambu tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton, namun meningkatkan kapasitas lentur hingga 82% dibandingkan dengan beton tanpa tulangan.
- b. Beton bertulang bambu memiliki kinerja struktural yang memadai untuk penerapan non-struktural dan semi-struktural, namun masih belum dapat sepenuhnya menggantikan beton bertulang baja untuk aplikasi struktural yang menahan beban berat.
- c. Pengawetan bambu dengan boraks-asam borat dan pelapisan dengan epoksi terbukti efektif dalam meningkatkan durabilitas tulangan bambu dalam beton.
- d. Penggunaan tulangan bambu berpotensi mengurangi biaya konstruksi hingga 30% dan emisi karbon hingga 70% dibandingkan dengan penggunaan tulangan baja konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Archila, H., Kaminski, S., Trujillo, D., Zea, E., Harries, K. A., & Trujillo, D. (2018). Bamboo reinforced concrete: a critical review. *Materials and Structures*, 51(4), 1–18. <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1228-6>
- Barbosa, N. P., Rosa, A. E. M. A., & Cunha, B. S. (2008). Durability analysis of bamboo as concrete reinforcement. April 2015. <https://doi.org/10.1617/s11527-007-9299-9>
- Beton, B., Bambu, B., & Klem, D. (n.d.). No Title.
- Bridges, P., Concrete, B. R., & Areas, D. V. (2020). applied sciences Precast Bridges of

- Bamboo Reinforced Concrete in Disadvantaged Village Areas in Indonesia.
- Ghavami, K. (2018). Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. April. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.06.002>
- Lou, Z., Zheng, Z., Yan, N., Jiang, X., Zhang, X., Chen, S., Xu, R., Liu, C., & Xu, L. (2023). Modification and Application of Bamboo-Based Materials: A Review — Part II: Application of Bamboo-Based Materials.
- Sharma, B., Gatóo, A., Bock, M., & Ramage, M. (2015). Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Materials*, 81, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.077>
- Terai, M., & Minami, K. (2011). Fracture Behavior and Mechanical Properties of Bamboo Reinforced Concrete Members. *Procedia Engineering*, 10, 2967–2972. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.492>
- Wahyuni, A. S., Supriani, F., & Gunawan, A. (2014). The performance of concrete with rice husk ash, sea shell ash and bamboo fibre addition. *Procedia Engineering*, 95(Scescm), 473–478. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.207>
- Wairagade, V. R., & Sonar, I. P. (2023). Bamboo Concrete Bond Strength. October 2019. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F9323.109119>.