

## Analisis Kuat Bambu Petung Sebagai Tulangan Beton *Strength Analysis of Petung Bamboo as Concrete Reinforcement*

Debora Maharani<sup>1\*</sup>, Rizaldi Patria<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunung Kidul. Email:

[itsdebora7@gmail.com](mailto:itsdebora7@gmail.com)

<sup>2)</sup> Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunung Kidul. Email:

[rizaldi.patria@ugk.ac.id](mailto:rizaldi.patria@ugk.ac.id)

\*Corespondensi: Email: [itsdebora7@gmail.com](mailto:itsdebora7@gmail.com)

---

Received: 08/06/25; Revised: 20/06/25; Accepted: 29/06/25

---

### Abstrak

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, bambu dipertimbangkan sebagai alternatif material tulangan beton yang potensial karena sifatnya yang terbarukan, pertumbuhan cepat, dan dampak lingkungan yang minimal. Penelitian ini, yang dilakukan melalui studi literatur, bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan lekat antara bambu dan beton, yang merupakan aspek krusial dalam efektivitas penggunaannya pada struktur beton bertulang. Hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas ikatan dapat ditingkatkan melalui pengendalian kadar air, peningkatan kerapatan dan berat jenis bambu, penggunaan beton self-compacting (SCC), serta perlakuan awal seperti pengeringan dan pelilitan kawat. Temuan ini memperkuat potensi bambu sebagai material tulangan alternatif yang mendukung prinsip konstruksi ramah lingkungan.

**Kata kunci :** bambu petung, kekuatan lekat, konstruksi berkelanjutan

### Abstract

*In the context of sustainable development, bamboo is considered a promising alternative reinforcement material for concrete due to its renewable nature, rapid growth, and minimal environmental impact. This study, conducted through a literature review, aims to identify the key factors influencing the bond strength between bamboo and concrete, which is critical to its effectiveness in reinforced concrete structures. The analysis reveals that bond quality can be enhanced by controlling moisture content, increasing bamboo density and specific gravity, utilizing self-compacting concrete (SCC), and applying pre-treatment methods such as drying and wire wrapping. These findings reinforce bamboo's potential as an alternative reinforcement material that aligns with environmentally sustainable construction practices.*

**Key words:** petung bamboo, bond strength, sustainable construction.

---

### 1. PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi modern, dibutuhkan material yang tidak hanya memiliki kekuatan tinggi, tetapi juga tahan lama, efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Kebutuhan ini sejalan dengan prinsip konstruksi berkelanjutan yang kini menjadi fokus utama dalam dunia konstruksi (Trigunaryah, 2020). Penerapan konsep ini dilatarbelakangi oleh fakta bahwa sektor konstruksi merupakan salah satu pengguna sumber daya alam terbesar. Jika tidak dikelola

secara bijak, hal ini dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, konstruksi berkelanjutan menekankan pentingnya penggunaan material yang ramah lingkungan, dapat diperbarui, dan memiliki dampak minimal terhadap ekosistem (Messah et al., 2017).

Salah satu material yang potensial dalam mendukung prinsip tersebut adalah bambu. Bambu merupakan sumber daya alam yang melimpah dan telah digunakan sebagai bahan bangunan selama ratusan tahun di berbagai belahan

dunia (Irwanan, 2022). Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian mengenai pemanfaatan bambu sebagai material konstruksi terus berkembang. Aplikasinya mencakup berbagai elemen bangunan seperti dinding, atap, struktur jembatan, hingga sebagai tulangan beton.

Karakteristik bambu yang ringan, elastis, serta memiliki kekuatan tarik dan lentur yang tinggi menjadikannya pilihan menarik dalam dunia konstruksi (Artiningsih, 2012). Secara konvensional, beton bertulang menggunakan baja karena kekuatan tekan yang tinggi, sifat material yang seragam, dan kemudahan dalam pemasangan. Namun, baja memiliki kelemahan seperti rentan terhadap korosi dan biaya yang relatif tinggi. Sebaliknya, bambu menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain harga yang lebih ekonomis, pertumbuhan yang cepat, kemampuan regeneratif, serta sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sesuai dengan prinsip konstruksi berkelanjutan.

Menurut buku Struktur dan Rekayasa Bambu, kualitas bambu sangat dipengaruhi oleh sifat fisiknya. Semakin tinggi berat jenis serta semakin rendah kadar air dan tingkat kembang susutnya, maka semakin baik pula kualitas bambu tersebut (Eratodi & Bagus, 2017). Sebagai contoh, kadar air bambu petung tanpa pengawetan tercatat sebesar 13,47% pada bagian *nodia* dan 13,13% pada bagian *internodia* (Masdar, 2023). Faktor-faktor lain yang memengaruhi sifat fisik bambu meliputi umur, posisi tumbuh, diameter, ketebalan dinding, posisi beban, posisi radial, dan kadar air.

Lebih lanjut, dalam buku *Bamboo and Sustainable Construction* yang dijelaskan bahwa bambu memiliki potensi besar sebagai material konstruksi berkelanjutan karena sifatnya yang dapat diperbarui, cepat tumbuh, dan memiliki jejak karbon yang rendah. Buku ini juga menyoroti berbagai teknik pengolahan bambu, seperti *bamboo flattening* dan penggunaan bambu dalam bentuk komposit, yang memperluas aplikasinya

dalam konstruksi modern (Palombini & Nogueira, 2023).

Selain itu, studi oleh (Rathoure, 2022) dalam *Life Cycle Assessment of Bamboo Products* menunjukkan bahwa bambu memiliki dampak lingkungan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan material konvensional seperti baja dan semen. Bambu memerlukan energi produksi yang lebih sedikit dan menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah, menjadikannya pilihan ideal dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan pembangunan berkelanjutan.

Penelitian terbaru oleh Terai (2025) juga menunjukkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti baja dalam beton *geopolymer*, meskipun masih terdapat tantangan dalam hal kekuatan lekat antara bambu dan beton. Dalam uji lentur, ditemukan bahwa kekuatan ikatan antara bambu dan beton masih perlu ditingkatkan untuk mencapai performa struktural yang optimal (Terai, 2025).

Dari konteks lokal, studi mengenai Efisiensi Anggaran Biaya pada Pembangunan Masjid Haya Bohol, Rongkop, Gunungkidul menunjukkan pentingnya pemilihan material yang tepat dalam menekan biaya konstruksi tanpa mengorbankan kualitas struktur. Penggunaan material lokal dan teknik konstruksi yang efisien terbukti mampu mengurangi anggaran secara signifikan, yang sejalan dengan prinsip efisiensi dalam konstruksi berkelanjutan (Patria et al., 2024).

Sementara itu, topik Nilai Faktor Reduksi pada Bangunan Bertingkat di Gunungkidul Yogyakarta menyoroti pentingnya penerapan nilai faktor reduksi (R) dalam desain struktur tahan gempa. Nilai R digunakan untuk merepresentasikan kemampuan struktur dalam menyerap energi gempa melalui deformasi plastis. Dengan memilih nilai R yang tepat, perancang dapat mengoptimalkan efisiensi struktur tanpa mengorbankan keselamatan. Hal ini sangat relevan di wilayah seperti Gunungkidul yang memiliki potensi

kegempaan, sekaligus mendukung pendekatan konstruksi yang hemat sumber daya dan berkelanjutan (Patria et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan lekat antara bambu dan beton, dengan fokus utama pada kualitas ikatan yang terbentuk di antara keduanya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) sebagai pendekatan utama. Metode ini dilakukan dengan cara mengumpulkan, menelaah, dan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang relevan dengan topik penelitian, yaitu analisis kekuatan lekat antara bambu dan beton dalam konteks konstruksi berkelanjutan.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a) Artikel jurnal ilmiah nasional dan internasional
- b) Buku referensi teknik sipil dan arsitektur
- c) Laporan penelitian terdahulu
- d) Prosiding seminar
- e) Dokumen teknis dan standar konstruksi

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran pada berbagai basis data ilmiah seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, *ResearchGate*, serta *repositori* institusi pendidikan tinggi. Untuk memastikan relevansi dan cakupan informasi yang diperoleh, digunakan beberapa kata kunci dalam proses pencarian, yaitu:

- a) “beton bertulang”
- b) “material bambu”
- c) “konstruksi berkelanjutan”
- d) “sifat fisika bambu”
- e) “kuat lekat bambu”
- f) “sifat mekanik bambu”

Kriteria pemilihan literatur didasarkan pada:

- a) Relevansi dengan topik penelitian
- b) Keterbaruan (literatur 10 tahun terakhir lebih diutamakan)

- c) Kredibilitas sumber (*peer-reviewed journals*, institusi akademik, dan lembaga penelitian)

Setelah data terkumpul, dilakukan proses analisis dengan pendekatan deskriptif-kualitatif. Analisis ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi karakteristik fisik dan mekanik bambu yang berpengaruh terhadap kekuatan lekat dengan beton.
2. Menelaah hasil-hasil penelitian terdahulu mengenai penggunaan bambu sebagai tulangan alternatif dalam beton bertulang.
3. Mengevaluasi potensi bambu dalam mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan dari aspek teknis dan lingkungan.

Hasil dari studi literatur ini diharapkan dapat memberikan dasar teoritis yang kuat untuk mendukung penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan bambu sebagai material alternatif dalam struktur beton bertulang.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kajian Literatur

#### 1) Penggunaan Bambu sebagai Material Konstruksi

Bambu telah dikenal dan dimanfaatkan sebagai material konstruksi sejak ratusan tahun yang lalu. Dalam praktik tradisional, bambu digunakan untuk berbagai elemen bangunan seperti plafon, dinding, lantai, atap, jembatan, hingga sebagai tulangan beton. Popularitasnya pada masa lalu tidak lepas dari ketersediaannya yang melimpah, kemudahan dalam pengolahan, serta kekuatan mekanik yang cukup baik untuk kebutuhan struktural. Namun, pemanfaatan bambu selama ini cenderung berdasarkan pengalaman dan keterampilan lokal, sehingga belum sepenuhnya optimal dalam penerapan teknis modern (Patmasari, Dyah, Ir. H. Morisco, 2006)

Dalam konteks konstruksi modern, bambu kembali menarik perhatian karena karakteristiknya yang mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan. Secara teknis, bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi, ringan, elastis, dan mampu tumbuh dengan sangat cepat dibandingkan material alami lainnya. Selain itu, bambu memiliki jejak karbon yang rendah karena proses pertumbuhannya yang efisien dalam menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen (Rachman et al., 2025). Hal ini menjadikannya sebagai salah satu material yang sangat potensial untuk menggantikan bahan konvensional seperti baja dan beton dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dari sektor konstruksi (Plizzari, n.d.).

Namun demikian, meskipun memiliki banyak keunggulan, penggunaan bambu dalam konstruksi modern masih belum sepopuler material konvensional seperti baja, beton, atau bata ringan. Salah satu penyebab utamanya adalah persepsi masyarakat yang cenderung menganggap bambu sebagai material yang kurang kokoh, tidak praktis, dan tidak mencerminkan kesan modern. Bahkan, dalam beberapa kasus, penggunaan bambu sering dikaitkan dengan keterbatasan ekonomi, sehingga dianggap hanya cocok untuk masyarakat kelas menengah ke bawah.

Padahal, berbagai penelitian dan inovasi telah membuktikan bahwa bambu dapat diolah dan dimodifikasi menjadi material konstruksi yang kuat, tahan lama, dan estetis. Teknologi seperti laminasi bambu, pengawetan kimia, serta penggunaan bambu dalam bentuk komposit telah membuka peluang besar bagi bambu untuk bersaing dengan material industri lainnya (Plizzari, n.d.). Dalam studi yang dilakukan, sistem perencanaan struktur bambu yang

mempertimbangkan aspek keberlanjutan, kemudahan penggeraan, dan efisiensi biaya dapat menghasilkan desain bangunan bambu yang berkualitas dan layak diterapkan secara luas (Patmasari, Dyah, Ir. H. Morisco, 2006).

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan edukatif dan promosi yang lebih luas untuk mengubah persepsi masyarakat serta mendorong pemanfaatan bambu sebagai bagian dari solusi konstruksi berkelanjutan di masa depan.

## 2) Sifat Mekanik dan Struktural

Bambu Petung, yang dalam ilmu botani dikenal sebagai *Dendrocalamus asper*, merupakan salah satu jenis bambu yang banyak ditemukan di Indonesia dan dikenal dengan berbagai nama daerah seperti buluh Petong, buluh Swanggi, bambu Batueng, Betong, bulu Lotung, awi Bitung, dan awo Petung. Bambu ini memiliki ciri khas berupa batang berwarna hijau dengan sentuhan kuning, panjang batang antara 10 hingga 14 meter, panjang ruas 40 hingga 60 cm, diameter 6 hingga 15 cm, serta ketebalan dinding 10 hingga 15 mm (Manik, Samuel, et al., 2017).

Menurut *Sistem Perencanaan Struktur Bangunan Bambu* oleh Dyah Patmasari dan H. Morisco (UGM), bambu memiliki kekuatan tekan dan tarik yang cukup tinggi, sehingga berpotensi besar digunakan sebagai elemen struktural maupun non-struktural dalam konstruksi bangunan. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan sistematis yang didasarkan pada karakteristik fisik bambu untuk menghasilkan desain struktur yang efisien dan berkelanjutan (Patmasari, Dyah, Ir. H. Morisco, 2006).

**Tabel 1. Data Kekuatan Bambu Petung**  
(Manik, Yudo, et al., 2017)

No	Jenis Pengujian	Nilai (MPa)
1	Kuat Lentur	134,972
2	Kuat Tekan Tegak Lurus	24,185
	Serat	
3	Kuat Tekan Sejajar Serat	49,206
4	Kuat Geser	9,505
5	Kuat Tarik Sejajar Serat	228
6	Modulus Elastisitas Lentur	12888,477

### a) Kekuatan Tarik Tinggi

Bambu Petung dikenal memiliki kekuatan tarik yang tinggi, terutama pada bagian kulit luar batangnya. Nilai kekuatan tarik bambu dapat mencapai hingga 370 MPa, menjadikannya sebanding dengan baja ringan dalam beberapa aplikasi struktural (Fatriasari & Hermiati, 2008). Kekuatan ini berasal dari struktur serat longitudinal bambu yang padat dan tersusun sejajar, memberikan ketahanan optimal terhadap gaya tarik. Bahkan, menurut (Irnawan, 2022), kekuatan tarik bambu cukup tinggi sehingga dapat disandingkan dengan baja. (Frick, 2004) juga mencatat bahwa kuat tarik bambu dapat mencapai 299,796 kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar 29,4 MPa setelah dikonversi ke satuan internasional.

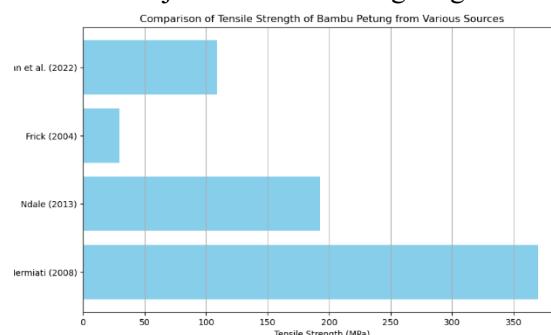
Namun, dalam penggunaannya sebagai tulangan beton, perlu diperhatikan perubahan dimensi bambu akibat penyusutan. Perubahan ini dapat memengaruhi bentuk dan kualitas struktur, serta menurunkan nilai dan fungsi bangunan. (Ndale, 2013) mencatat bahwa kemampuan tarik bambu berkisar antara 1180 hingga 2750 kg/cm<sup>2</sup>, dengan nilai tengah sekitar 192,6 MPa, menunjukkan variasi yang cukup besar tergantung pada kondisi dan jenis bambu.

Penelitian oleh (Nugroho et al., 2022) yang menggunakan standar ISO

22157 (2019) menunjukkan bahwa rata-rata kuat tarik sejajar serat bambu Petung adalah sebesar 109 MPa. Nilai ini lebih rendah dibandingkan hasil pengujian oleh (Wicaksono et al., 2017), yang diduga disebabkan oleh keberadaan buku pada batang bambu. Serat bambu pada bagian buku cenderung tumbuh berbelok menjauhi sumbu batang, sehingga tidak semua serat tumbuh sejajar. Ketidaksejajaran serat inilah yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik sejajar serat bambu.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai variasi nilai kekuatan tarik bambu Petung dari berbagai sumber, berikut disajikan Gambar1.

Gambar di dibawah menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi antar penelitian, bambu Petung tetap menunjukkan potensi besar sebagai material alternatif tulangan beton, terutama dalam konteks konstruksi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.



**Gambar 1 Perbandingan kuat tarik bambu petung dari berbagai sumber**

### b) Kekuatan Tekan dan Lentur

Bambu Petung memiliki kekuatan tekan dan lentur yang cukup tinggi, menjadikannya material yang layak dipertimbangkan sebagai tulangan beton. Berdasarkan penelitian (Fatriasari & Hermiati, 2008), kekuatan tekan bambu berkisar antara 40 hingga 80 MPa, sedangkan kekuatan lenturnya dapat

mencapai 100 hingga 200 MPa, tergantung pada jenis dan kondisi bambu. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa bambu mampu menahan beban tekan dan lentur dengan baik, sehingga cocok digunakan sebagai elemen struktural seperti kolom dan balok.

Selain itu, bambu memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik, menjadikannya bahan bangunan yang efisien dan efektif. Menurut (Ndale, 2013), kemampuan tekan bambu berkisar antara 499 hingga 588 kg/cm<sup>2</sup> (sekitar 49 hingga 58 MPa), dan kemampuan lenturnya berada pada kisaran 785 hingga 1960 kg/cm<sup>2</sup> (sekitar 77 hingga 192 MPa). Data ini memperkuat potensi bambu Petung sebagai alternatif material tulangan beton, terutama dalam konstruksi yang mengutamakan keberlanjutan dan efisiensi struktural.

Lebih lanjut, hasil pengujian oleh (Irawati & Saputra, 2012) menunjukkan bahwa kuat tekan sejajar serat bambu Petung rata-rata mencapai 49,206 MPa, sedangkan kuat tekan tegak lurus terhadap serat berada pada angka 24,185 MPa. Perbedaan ini menunjukkan bahwa arah serat sangat memengaruhi kemampuan bambu dalam menahan beban tekan, dan perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur.

Untuk memberikan gambaran visual yang lebih jelas mengenai perbandingan kekuatan tekan dan lentur bambu Petung dari berbagai sumber disajikan pada Gambar 2.

Gambar di bawah menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi antar penelitian, nilai-nilai kekuatan tekan dan lentur bambu Petung tetap berada dalam rentang yang mendukung penggunaannya sebagai elemen struktural dalam konstruksi beton bertulang.



**Gambar 2 Perbandingan kekuatan tekan dan lentur bambu petung dari berbagai sumber**

### c) Modulus Elastisitas

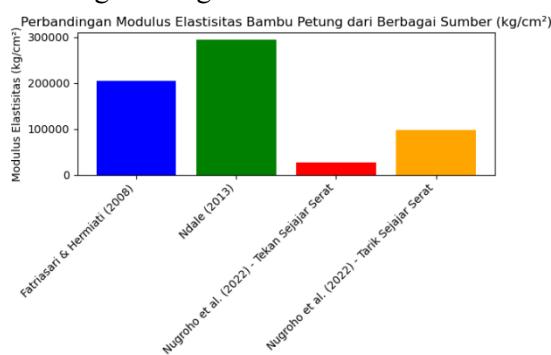
Modulus elastisitas (MOE) merupakan parameter penting dalam menilai kekakuan suatu material, yang menunjukkan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi. Dalam konteks struktur bangunan, terutama yang harus menahan beban dinamis seperti gempa bumi, nilai modulus elastisitas menjadi sangat krusial. Modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan suatu bahan, di mana semakin tinggi nilainya, semakin kaku material tersebut (Sulaeman, 2018).

Bambu Petung memiliki nilai modulus elastisitas yang bervariasi tergantung pada jenis pengujian dan kondisi material. Secara umum, nilai modulus elastisitas bambu berkisar antara 10 hingga 20 GPa (Fatriasari & Hermiati, 2008). (Ndale, 2013) mencatat bahwa nilai modulus elastisitas bambu berada dalam rentang 98.070 hingga 294.200 kg/cm<sup>2</sup> (sekitar 9,6 hingga 28,9 GPa), dan untuk keperluan perancangan struktur, nilai yang digunakan adalah 294.200 kg/cm<sup>2</sup> (sekitar 28,9 GPa). Selain itu, Ndale juga mencatat bahwa kekuatan geser bambu relatif rendah, sehingga penggunaan satu batang bambu sebagai elemen struktural lebih efisien dibandingkan penggunaan dua batang.

Hasil pengujian oleh (Nugroho et al., 2022) menunjukkan bahwa modulus elastisitas tarik sejajar serat bambu Petung rata-rata sebesar 9,542 GPa, sedangkan pada tekan sejajar serat sebesar 2,674 GPa. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa arah serat sangat memengaruhi kekakuan bambu, dan perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur.

Untuk memberikan gambaran visual yang lebih jelas mengenai perbandingan nilai modulus elastisitas bambu Petung dari berbagai sumber, berikut disajikan gambar perbandingan:

Nilai-nilai ini memperlihatkan bahwa meskipun terdapat variasi antar metode dan arah pengujian, bambu Petung tetap menunjukkan kekakuan yang cukup tinggi, terutama pada arah tarik sejajar serat, yang sangat penting dalam perencanaan struktur beton bertulang. Grafik di atas menunjukkan variasi nilai modulus elastisitas berdasarkan metode pengujian dan sumber data, yang memperkuat pentingnya pemilihan parameter desain yang tepat dalam penggunaan bambu sebagai tulangan beton.



**Gambar 3 Perbandingan modulus elastisitas bambu dari berbagai sumber**

#### d) Kuat geser

Kuat geser merupakan kemampuan suatu material untuk menahan gaya-gaya yang menyebabkan bagian-bagian dalam material tersebut

bergeser satu sama lain. Pada bambu, kuat geser sangat dipengaruhi oleh ketebalan dinding batangnya, yang menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kekuatan struktural bambu secara keseluruhan (Putra et al., 2020).

Penelitian oleh (Masdar, 2023) menunjukkan bahwa kuat geser bambu Petung bervariasi tergantung pada lokasi pengujian. Pada daerah nodia (ruas), kuat geser tercatat sebesar 7,84 MPa, sedangkan pada daerah internodia (antar ruas) nilainya sedikit lebih rendah, yaitu sebesar 7,16 MPa. Perbedaan ini menunjukkan bahwa struktur alami bambu, seperti keberadaan buku atau ruas, memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan bambu dalam menahan gaya geser. Oleh karena itu, dalam perencanaan penggunaan bambu sebagai tulangan beton, aspek kuat geser ini perlu diperhitungkan secara cermat untuk menjamin keamanan dan efisiensi struktural.

### 3) Sifat fisik bambu

Bambu petung muda memiliki ciri yang jelas terlihat pada batangnya yang berwarna hijau, dengan lapisan seperti bulu berwarna kuning yang tampak terutama di bagian dasar dan di atas buku-buku batang. Pada saat yang sama, bagian tengah hingga ujung batang tampak berwarna putih dengan sedikit kecokelatan. Dengan bertambahnya umur, bambu ini akan berubah warna menjadi hijau kekuningan yang disertai bercak putih di permukaannya (Wulandari, 2019).

Dalam pemanfaatan sebagai bahan penguat beton, bambu petung biasanya dipilih sebagai alternatif utama. Bambu ini dapat tumbuh hingga memiliki ketinggian antara 20 hingga 30 meter, dengan panjang ruas sekitar 40 hingga 60 cm, diameter batang berada dalam

rentang 5 hingga 10 cm, serta ketebalan dinding berkisar antara 0,85 hingga 1,62 cm. Untuk memastikan bahwa bambu efektif sebagai tulangan beton, sangat penting untuk memperhatikan berbagai ciri-cirinya, termasuk sifat fisik, sifat mekanik, dan kekuatan daya rekatnya. Beberapa ciri fisik bambu yang perlu diperhatikan meliputi:

### a) Kadar air

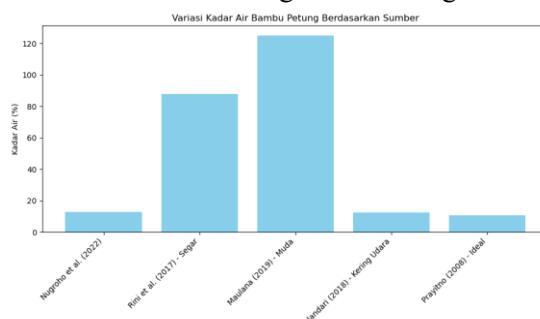
Kadar air merupakan persentase kandungan air dalam bambu yang sangat memengaruhi kekuatannya. Semakin tinggi kadar air, maka kekuatan bambu akan menurun (Janssen, 1981). Berdasarkan penelitian, kadar air rata-rata bambu petung adalah sekitar 12,6%, yang menunjukkan bahwa bambu tersebut berada dalam kondisi cukup stabil untuk digunakan dalam konstruksi (Nugroho et al., 2022).

Kadar air bambu dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti umur, musim panen, dan jenis bambu (Syahroni, 2017). Dalam kondisi segar, kadar air bambu petung dapat mencapai 67,33% hingga 108,46%, tergantung pada posisi ruas batang (Rini et al., 2017). Sementara itu, bambu muda berumur satu tahun memiliki kadar air yang sangat tinggi, yaitu sekitar 120–130% (Maulana, 2019).

Dalam kondisi kering udara, kadar air bambu petung berkisar antara 11,83% hingga 12,64%, dengan nilai rata-rata sekitar 12,24% (Wulandari et al., 2018). Bagian pangkal batang cenderung memiliki kadar air lebih tinggi karena struktur seratnya yang lebih tebal. Selain itu, kadar air juga lebih tinggi pada bagian dalam batang dibandingkan bagian luarnya (Syahroni, 2017).

Untuk keperluan konstruksi, kadar air ideal berada pada kisaran 10–11%, karena pada tingkat ini bambu memiliki

kestabilan dimensi yang baik terhadap perubahan cuaca (Prayitno, 2008). Oleh karena itu, kadar air kering udara bambu petung sudah memenuhi syarat untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan.



**Gambar 4 Variasi kadar air bambu petung berdasarkan berbagai sumber**

Gambar 4 memperlihatkan perbandingan kadar air bambu petung dari berbagai sumber, mulai dari kondisi segar hingga kering udara, serta kadar ideal untuk konstruksi. Visualisasi ini membantu memahami bagaimana kadar air berubah tergantung pada kondisi dan usia bambu.

### b) Berat jenis

Berat jenis bambu merupakan rasio antara massa bambu dengan massa air pada volume yang sama. Nilai ini menjadi indikator penting dalam menentukan sifat fisik dan mekanik bambu. Berat jenis bambu petung berkisar antara 0,5 hingga 0,9 gr/cm<sup>3</sup> (Ndale, 2013).

Berat jenis sangat dipengaruhi oleh struktur internal bambu, seperti ketebalan dinding sel dan kandungan zat kayu. Volume kering tanur mencerminkan jumlah zat padat dalam bambu serta ruang kosong dalam sel (Syahroni, 2017).

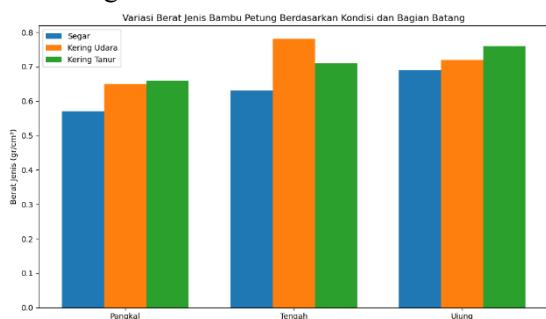
Dalam penelitian ini, berat jenis diukur dalam tiga kondisi: volume segar, kering udara, dan kering tanur. Nilai rata-rata berat jenis segar bambu petung

berkisar antara 0,57 hingga 0,69, dengan nilai tertinggi pada bagian ujung batang dan terendah di pangkal (Wulandari, 2019). Perbedaan ini disebabkan oleh variasi pertumbuhan serabut di sepanjang batang.

Untuk kondisi kering udara, berat jenis berkisar antara 0,65 hingga 0,78, dengan nilai tertinggi di bagian tengah batang. Sedangkan pada kondisi kering tanur, berat jenis berada di kisaran 0,66 hingga 0,76, dengan nilai tertinggi tetap berada di bagian ujung batang (Wulandari, 2019).

Hubungan antara berat jenis dan kadar air bersifat berbanding terbalik. Semakin rendah kadar air, maka berat jenis cenderung meningkat. Hal ini berkaitan dengan penyusutan batang yang dipengaruhi oleh diameter dan ketebalan dinding bambu (Manik, Samuel, et al., 2017).

Gambar 5 berikut memperlihatkan perbandingan berat jenis bambu petung berdasarkan kondisi volume dan bagian batang:



**Gambar 5 Variasi berat jenis bambu petung berdasarkan kondisi dan bagian batang**

Gambar ini menunjukkan bahwa berat jenis cenderung meningkat dari pangkal ke ujung batang, dan nilai tertinggi umumnya ditemukan pada kondisi kering udara dan kering tanur.

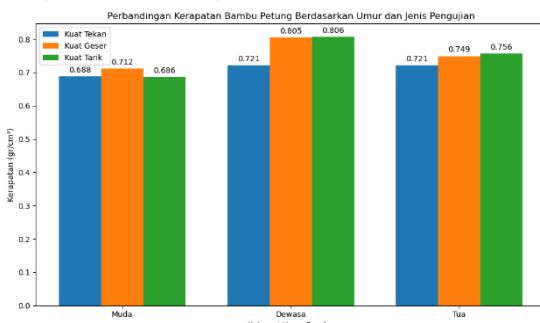
### c) Kerapatan bambu

Kerapatan merupakan perbandingan antara massa suatu benda dengan volumenya. Dalam konteks bambu, kerapatan menjadi salah satu indikator penting dalam menentukan kekuatan dan sifat mekanik bambu. Semakin tinggi nilai kerapatan, maka kekuatan bambu cenderung meningkat (Nugroho et al., 2022). Nilai kerapatan bambu biasanya dihitung dalam beberapa kondisi, yaitu kondisi kering udara, kering oven, dan kadar air 12%. Rata-rata nilai kerapatan bambu petung pada kondisi kering udara adalah  $807 \text{ kg/m}^3$ , pada kondisi kering oven sebesar  $717 \text{ kg/m}^3$ , dan pada kadar air 12% sebesar  $803 \text{ kg/m}^3$ .

Berat jenis, yang sering disamakan dengan kerapatan, adalah perbandingan antara kerapatan suatu benda dengan kerapatan air sebagai standar. Berat jenis dan kerapatan merupakan faktor penting dalam menentukan sifat fisik bambu (Hidayati, 2008). Berat jenis bambu berkisar antara  $0,5\text{--}0,9 \text{ gr/cm}^3$ , dengan variasi yang terjadi baik secara vertikal maupun horizontal. Bagian luar batang bambu memiliki berat jenis lebih tinggi dibandingkan bagian dalam, dan berat jenis meningkat dari pangkal ke ujung batang (Liese, 1992).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kerapatan bambu petung bagian pangkal bervariasi berdasarkan umur dan jenis pengujian mekanika. Pada pengujian kuat tekan, kerapatan bambu muda adalah  $0,688 \text{ gr/cm}^3$ , dewasa  $0,721 \text{ gr/cm}^3$ , dan tua  $0,721 \text{ gr/cm}^3$ . Pada pengujian kuat geser, kerapatan bambu muda adalah  $0,712 \text{ gr/cm}^3$ , dewasa  $0,805 \text{ gr/cm}^3$ , dan tua  $0,749 \text{ gr/cm}^3$ . Sedangkan pada pengujian kuat tarik, kerapatan bambu muda adalah  $0,686 \text{ gr/cm}^3$ , dewasa  $0,806 \text{ gr/cm}^3$ , dan tua  $0,756 \text{ gr/cm}^3$  (Mustafa, 2010).

Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa kerapatan bambu dewasa cenderung paling tinggi, sedangkan bambu muda paling rendah pada setiap jenis pengujian. Hal ini sejalan dengan hasil pengamatan visual yang menunjukkan bahwa kerapatan bambu meningkat dari umur muda ke dewasa, namun menurun pada umur tua. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya kandungan selulosa pada batang bambu tua. Hasil analisis variansi juga menunjukkan bahwa umur bambu berpengaruh signifikan terhadap kerapatan bagian pangkal bambu petung (Mustafa, 2010).



**Gambar 6 Perbandingan kerapatan bambu petung berdasarkan umur dan jenis pengujian**

Untuk memperjelas perbandingan tersebut, berikut adalah grafik batang yang menunjukkan kerapatan bambu petung berdasarkan umur dan jenis pengujian mekanika.

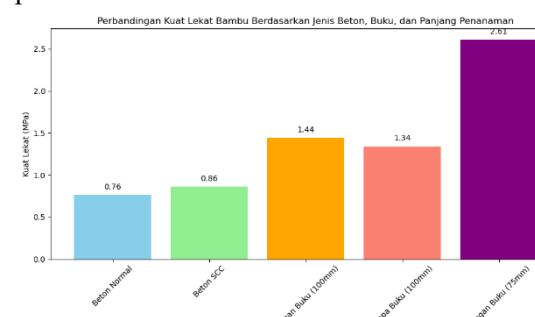
#### 4) Kuat lekat bambu

Kuat lekat bambu adalah kemampuan bambu untuk merekatkan dirinya dengan material lain seperti semen, beton, atau perekat lainnya. Sifat ini sangat penting dalam aplikasi struktural, terutama ketika bambu digunakan sebagai tulangan dalam beton. Dalam pengujian *pull-out* yang dilakukan, diperoleh bahwa kuat lekat bambu dengan beton normal memiliki rata-rata sebesar 0,76 MPa, sedangkan

dengan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) mencapai 0,86 MPa. Peningkatan ini disebabkan oleh sifat beton SCC yang mampu memadat secara mandiri, sehingga menghasilkan kerapatan yang lebih tinggi dan daya rekat yang lebih baik (Fajar et al., 2023).

Selain jenis beton, keberadaan buku pada batang bambu juga memengaruhi kuat lekat. Bambu dengan buku menunjukkan daya lekat yang lebih tinggi dibandingkan bambu tanpa buku. Hal ini disebabkan oleh adanya takikan alami pada buku yang meningkatkan interaksi mekanis antara bambu dan beton. Rata-rata kuat lekat tulangan bambu Petung dengan buku dan panjang penanaman 100 mm adalah 1,44 MPa, sedangkan tanpa buku hanya 1,34 MPa (PETUNG & INTO, n.d.).

Faktor lain yang memengaruhi kuat lekat adalah panjang penanaman bambu dalam beton. Menariknya, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin pendek panjang penanaman, kuat lekat justru meningkat. Sebagai contoh, kuat lekat bambu dengan buku dan panjang penanaman 75 mm mencapai 2,61 MPa, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan panjang penanaman 100 mm yang hanya 1,44 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan dan gaya tarik lebih efektif pada penanaman yang lebih pendek.



**Gambar 7 Perbandingan kuat lekat bambu berdasarkan jenis beton, buku dan panjang penanaman**

Untuk memperjelas perbandingan tersebut, berikut adalah grafik batang yang menunjukkan variasi kuat lekat bambu berdasarkan jenis beton, keberadaan buku, dan panjang penanaman:

## 5) Perlakuan bambu untuk tulangan beton

Bambu memiliki sifat kembang susut yang cukup besar, yang dapat memengaruhi kuat lekatnya saat digunakan sebagai tulangan dalam beton. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan khusus agar bambu dapat berfungsi optimal dalam aplikasi struktural. Semua jenis bambu yang telah cukup tua dapat digunakan sebagai tulangan beton, asalkan melalui proses perlakuan yang tepat (MARYANTO, 2016).

Langkah pertama adalah memilih bambu tua, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Pengeringan tidak boleh dilakukan dengan cara dijemur langsung di bawah sinar matahari karena dapat menyebabkan bambu pecah. Setelah proses pengeringan alami, bambu kemudian dioven selama 24 jam untuk menurunkan kadar airnya. Target kadar air yang diinginkan adalah sekitar 10%. Setelah kadar air tercapai, bambu dililitkan dengan kawat untuk meningkatkan daya cengkeramnya terhadap beton.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bambu yang telah melalui perlakuan ini memiliki daya kuat lekat yang sangat baik. Dalam salah satu pengujian, bambu ulir yang telah dililit kawat menunjukkan kuat lekat mencapai angka 100 (satuan tidak disebutkan, namun kemungkinan besar dalam MPa atau skala relatif).

## B. Analisa

Bambu, khususnya jenis Petung, telah lama digunakan dalam konstruksi tradisional dan kini kembali dilirik dalam konstruksi modern karena karakteristiknya yang mendukung prinsip keberlanjutan. Kekuatan tarik yang tinggi, elastisitas, dan bobot yang ringan menjadikan bambu sebagai kandidat kuat untuk menggantikan baja dalam aplikasi tulangan beton. Namun, efektivitas bambu dalam peran ini sangat bergantung pada kualitas ikatan antara bambu dan beton.

Kualitas ikatan atau kuat lekat antara bambu dan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk sifat permukaan bambu, kadar air, dan jenis beton yang digunakan. Dalam konteks ini, bambu memiliki keunggulan alami berupa permukaan yang berserat dan bersegmen (buku), yang dapat meningkatkan daya cengkeram terhadap beton. Namun, tanpa perlakuan yang tepat, bambu juga memiliki kelemahan seperti kembang susut yang tinggi, yang dapat menyebabkan retakan dan melemahnya ikatan.

### 1) Kekuatan Tarik dan Pengaruhnya terhadap Ikatan dengan Beton

Kekuatan tarik tinggi yang dimiliki bambu Petung, terutama pada bagian kulit luar, merupakan keunggulan utama dalam penggunaannya sebagai tulangan beton. Nilai kekuatan tarik yang dilaporkan berkisar antara 109 MPa hingga 370 MPa, tergantung pada metode dan kondisi pengujian (Fatriasari & Hermiati, 2008; Nugroho et al., 2022). Serat longitudinal yang tersusun sejajar memberikan ketahanan optimal terhadap gaya tarik, yang sangat penting dalam menahan gaya tarik dalam beton bertulang.

Namun, keberadaan buku dan ketidaksejajaran serat di area tersebut dapat menurunkan kekuatan tarik sejajar serat, yang pada gilirannya dapat memengaruhi kualitas ikatan dengan beton. Oleh karena itu, pemilihan bagian batang bambu yang bebas dari buku atau perlakuan khusus pada area buku menjadi penting untuk menjaga konsistensi kekuatan tarik dan daya lekat.

## 2) Kekuatan Tekan dan Lentur sebagai Pendukung Daya Lekat

Kekuatan tekan dan lentur bambu Petung yang tinggi (hingga 80 MPa untuk tekan dan 200 MPa untuk lentur) menunjukkan bahwa bambu mampu menahan beban struktural yang signifikan. Dalam konteks ikatan dengan beton, kekuatan tekan yang baik membantu bambu mempertahankan bentuk dan posisi dalam beton saat mengalami beban, sehingga mengurangi risiko retak atau lepasnya ikatan.

Selain itu, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi menjadikan bambu sebagai material yang efisien untuk digunakan dalam struktur ringan namun kuat. Hal ini mendukung kualitas ikatan karena bambu tidak menambah beban mati yang besar pada beton, tetapi tetap memberikan kontribusi struktural yang signifikan.

## 3) Modulus Elastisitas dan Stabilitas Ikatan

Modulus elastisitas bambu Petung yang berkisar antara 9 hingga 29 GPa menunjukkan bahwa bambu memiliki kekakuan yang cukup tinggi, terutama pada arah tarik sejajar serat. Kekakuan ini penting dalam menjaga kestabilan ikatan antara bambu dan beton, terutama saat struktur mengalami deformasi akibat beban dinamis seperti gempa.

Nilai modulus elastisitas yang tinggi berarti bambu tidak mudah berubah bentuk, sehingga ikatan dengan beton tetap stabil dan tidak mengalami pelepasan akibat pergeseran atau lenturan berlebih. Namun, nilai ini juga menunjukkan pentingnya orientasi serat dalam desain struktur, karena arah serat sangat memengaruhi kekakuan dan daya lekat.

## 4) Kuat Geser dan Peran Struktur Alami Bambu

Kuat geser bambu Petung yang bervariasi antara 7,16 hingga 7,84 MPa menunjukkan bahwa bambu memiliki ketahanan yang cukup terhadap gaya geser, terutama di daerah buku. Struktur alami bambu seperti ruas dan internodia memengaruhi distribusi gaya dalam batang, yang juga berdampak pada kualitas ikatan dengan beton.

Dalam praktiknya, daerah buku dapat meningkatkan ikatan mekanis karena bertindak sebagai pengunci alami dalam beton. Namun, distribusi gaya yang tidak merata juga dapat menjadi titik lemah jika tidak diperhitungkan dengan baik dalam desain.

## 5) Kadar Air dan Stabilitas Dimensi

Kadar air merupakan faktor krusial dalam menentukan kualitas ikatan antara bambu dan beton. Bambu dengan kadar air tinggi cenderung mengalami penyusutan saat mengering, yang dapat menyebabkan retakan dan melemahnya ikatan dengan beton. Berdasarkan data, kadar air bambu Petung dalam kondisi kering udara berkisar antara 11,83% hingga 12,64%, yang mendekati kadar ideal untuk konstruksi, yaitu 10–11% (Prayitno, 2008). Ini menunjukkan bahwa bambu Petung yang telah dikeringkan secara tepat memiliki

kestabilan dimensi yang baik dan layak digunakan sebagai tulangan beton.

## 6) Berat Jenis dan Kepadatan Material

Berat jenis bambu Petung yang berkisar antara 0,5 hingga 0,9 gr/cm<sup>3</sup> menunjukkan variasi kepadatan yang signifikan tergantung pada posisi batang dan kondisi pengeringan. Berat jenis yang lebih tinggi, terutama pada bagian ujung batang dan dalam kondisi kering tanur, menunjukkan bahwa bambu memiliki struktur internal yang padat. Kepadatan ini penting karena semakin padat material, semakin besar pula luas kontak efektif antara bambu dan beton, yang akan meningkatkan kekuatan lekat.

## 7) Kerapatan dan Kekuatan Mekanik

Kerapatan bambu Petung dalam kondisi kering udara mencapai rata-rata 807 kg/m<sup>3</sup>, yang merupakan indikator penting dalam menilai kekuatan mekanik dan daya rekatnya. Nilai kerapatan yang tinggi, terutama pada bambu dewasa, berkorelasi positif dengan kekuatan tarik, tekan, dan geser. Dalam pengujian kuat lekat, bambu dengan kerapatan lebih tinggi menunjukkan daya rekat yang lebih baik terhadap beton. Hal ini karena struktur yang lebih padat memberikan permukaan yang lebih stabil dan tahan terhadap gaya tarik dan geser yang terjadi dalam beton bertulang.

## 8) Implikasi terhadap Kekuatan Lekat

Gabungan dari kadar air yang stabil, berat jenis yang tinggi, dan kerapatan yang optimal menjadikan bambu Petung sebagai material yang sangat potensial untuk membentuk ikatan kuat dengan beton. Kualitas ikatan ini sangat penting dalam menjaga integritas struktural beton bertulang, terutama

dalam kondisi beban dinamis atau lingkungan lembap. Selain itu, variasi sifat fisik berdasarkan umur dan posisi batang memberikan peluang untuk seleksi material yang lebih presisi dalam aplikasi konstruksi.

## 9) Pengaruh Jenis Beton terhadap Kualitas Ikatan

Jenis beton yang digunakan sangat memengaruhi kekuatan lekat bambu. Dalam pengujian *pull-out*, bambu yang dipadukan dengan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) menunjukkan kuat lekat lebih tinggi (0,86 MPa) dibandingkan dengan beton normal (0,76 MPa) (Fajar et al., 2023). Hal ini disebabkan oleh kemampuan SCC untuk mengisi rongga secara merata dan memadat tanpa perlu pemanasan mekanis, sehingga menghasilkan kontak yang lebih rapat antara bambu dan beton. Kerapatan ini meningkatkan gaya adhesi dan friksi, yang merupakan komponen utama dalam ikatan mekanis.

## 10) Peran Buku Bambu dalam Meningkatkan Ikatan Mekanis

Keberadaan buku pada batang bambu berperan penting dalam meningkatkan kekuatan lekat. Buku berfungsi sebagai takikan alami yang memperkuat ikatan mekanis antara bambu dan beton. Dalam pengujian, bambu dengan buku dan panjang penanaman 100 mm memiliki kuat lekat sebesar 1,44 MPa, lebih tinggi dibandingkan bambu tanpa buku yang hanya 1,34 MPa (PETUNG & INTO, n.d.). Ini menunjukkan bahwa struktur alami bambu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan daya cengkeram terhadap beton, tanpa perlu modifikasi tambahan.

## 11) Panjang Penanaman dan Distribusi Tegangan

Menariknya, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin pendek panjang penanaman, kuat lekat justru meningkat. Bambu dengan buku dan panjang penanaman 75 mm menunjukkan kuat lekat tertinggi, yaitu 2,61 MPa. Hal ini dapat dijelaskan melalui distribusi tegangan: pada penanaman yang lebih pendek, gaya tarik lebih terkonsentrasi dan efektif ditahan oleh permukaan bambu, terutama di sekitar buku. Sebaliknya, pada penanaman yang lebih panjang, distribusi tegangan menjadi lebih merata namun kurang efektif dalam menghasilkan gaya tahan maksimum per satuan panjang.

## 12) Perlakuan Awal sebagai Faktor Penentu Kualitas Ikatan

Sifat kembang susut bambu dapat menyebabkan perubahan dimensi yang signifikan, sehingga berisiko melemahkan ikatan dengan beton. Oleh karena itu, perlakuan awal sangat penting. Proses pengeringan alami (diangin-anginkan), pengovenan hingga kadar air mencapai 10%, dan pelilitan kawat terbukti meningkatkan daya lekat bambu secara signifikan (MARYANTO, 2016). Pelilitan kawat, khususnya, menambah kekasaran permukaan dan meningkatkan friksi antara bambu dan beton, yang memperkuat ikatan mekanis.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa bambu Petung memiliki potensi besar sebagai material tulangan beton, terutama karena sifat fisik dan mekaniknya yang mendukung pembentukan ikatan yang kuat dengan beton. Kekuatan lekat antara bambu dan beton dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari sisi karakteristik material bambu maupun kondisi lingkungan dan teknik aplikasinya.

1. **Sifat mekanik bambu**, seperti kekuatan tarik, tekan, lentur, dan geser yang tinggi, memberikan dasar struktural yang kuat untuk mendukung ikatan dengan beton. Serat longitudinal yang tersusun sejajar dan modulus elastisitas yang tinggi membantu menjaga kestabilan ikatan saat struktur mengalami beban.
2. **Sifat fisik bambu**, seperti kadar air yang stabil (sekitar 10–12%), berat jenis yang tinggi (hingga 0,9 gr/cm<sup>3</sup>), dan kerapatan optimal (hingga 807 kg/m<sup>3</sup>), berkontribusi terhadap kestabilan dimensi dan kekuatan ikatan. Bambu dengan kadar air rendah cenderung tidak mengalami penyusutan berlebih, sehingga mengurangi risiko retak dan pelepasan ikatan.
3. **Faktor desain dan teknik aplikasi**, seperti penggunaan beton Self Compacting Concrete (SCC), keberadaan buku pada batang bambu, dan panjang penanaman, terbukti memengaruhi kekuatan lekat secara signifikan. Beton SCC memberikan ikatan yang lebih rapat, buku bambu meningkatkan interaksi mekanis, dan penanaman yang lebih pendek (75 mm) menghasilkan distribusi tegangan yang lebih efektif.
4. **Perlakuan awal bambu**, seperti pengeringan alami, pengovenan, dan pelilitan kawat, sangat penting untuk meningkatkan daya lekat. Perlakuan ini tidak hanya mengurangi kembang susut, tetapi juga meningkatkan kekasaran permukaan bambu, yang memperkuat ikatan mekanis dengan beton.

Secara keseluruhan, kualitas ikatan antara bambu dan beton dapat dioptimalkan melalui pemilihan material yang tepat, perlakuan awal yang sesuai, dan teknik aplikasi yang cermat. Dengan pendekatan ini, bambu tidak hanya menjadi alternatif yang layak terhadap baja dalam beton bertulang, tetapi juga mendukung prinsip konstruksi berkelanjutan yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Artiningsih, N. K. A. (2012). Pemanfaatan bambu pada konstruksi bangunan berdampak positif bagi lingkungan. *Metana*, 8(01).
- Eratodi, I., & Bagus, G. L. (2017). Struktur dan Rekayasa Bambu. *Bali: Universitas Pendidikan Nasional*.
- Fajar, M. N., Parung, H., & Amiruddin, A. A. (2023). Perilaku Lekatan Tulangan Bambu Takikan Terhadap Beton Normal Dan Beton SCC. *Konstruksia*, 14(2), 1–8.
- Fatriasari, W., & Hermiati, E. (2008). Analisis morfologi serat dan sifat fisik-kimia pada enam jenis bambu sebagai bahan baku pulp dan kertas. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(2), 67–72.
- Frick, H. (2004). Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Seri Konstruksi Arsitektur 7. *Yogyakarta: Kanesius*.
- Hidayati, D. Y. (2008). Pengaruh pengawetan dengan CCB4 konsentrasi 5% 10% 15% terhadap kekuatan tarik lentur, geser dan kadar air bambu legi. *Tugas Akhir Pada Jurusan Teknik Sipil Dan Lingkungan UGM*.
- Irawati, I. S., & Saputra, A. (2012). Analisis statistik sifat mekanika bambu petung. *Proceeding Simposium Sinar Bambu I*. *Yogyakarta*.
- Irawan, D. (2022). Bambu Sebagai Material Konstruksi Yang Mudah Dibentuk Pada Konstruksi Bangunan Menara Penangkap Embun. *Jurnal Teknoscains Kodepenea*, 2(2), 27–31.
- Janssen, J. J. A. (1981). *Bamboo in building structures*.
- Liese, W. (1992). The structure of bamboo in relation to its properties and utilization. *Zhu, S., Li, W., Zhang, X. Wang, Z. Ed., Bamboo and Its Use. Proceedings of the International Symposium on Industrial Use of Bamboo, Beijing, China*, 7–11.
- Manik, P., Samuel, S., & Prasetyo, D. A. (2017). Analisa kekuatan tarik dan kekuatan lentur balok laminasi kombinasi bambu petung dan bambu apus untuk komponen kapal kayu. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 13(3), 142–151.
- Manik, P., Yudo, H., & Siahaan, F. A. (2017). Pengaruh susunan dan ukuran bilah bambu petung (dendrocalamus asper) dan bambu apus (gigantochloa apus) terhadap kekuatan tarik, kekuatan tekan dan kekuatan lentur untuk komponen konstruksi kapal. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 14(3), 94–101.
- MARYANTO, M. (2016). *KEKUATAN LEKATAN DAN PANJANG PENYALURAN TULANGAN BAMBU DENGAN PENGASARAN PERMUKAAN (BAMBU DENGAN LILITAN KAWAT DIAMETER 1, 6 mm)*. ITN MALANG.
- Masdar, A. (2023). Pengaruh Pengawetan terhadap Kuat Geser Bambu Petung (Dendrocolamus asper). *Bulletin of Civil Engineering*, 3(2), 65–70.
- Maulana, S. (2019). *Peningkatan Kualitas Papan Untai Bambu Berarah melalui Modifikasi Kimia dan Fisik*. IPB University.
- Messah, Y., Wirahadikusumah, R., & Abdur, M. (2017). Konsep dan penerapan pengadaan berkelanjutan untuk proyek konstruksi-Studi literatur. *Prosiding Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun*.
- Mustafa, S. (2010). Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Bambu Petung pada Bambu Muda, Dewasa, dan Tua. *Tugas Akhir*.
- Ndale, F. X. (2013). Sifat fisik dan mekanik bambu sebagai bahan konstruksi. *AGRICA*, 7(2), 22–31.
- Nugroho, N., Bahtiar, E. T., & Lelono, A. B. (2022). Kekuatan bambu betung (Dendrocalamus asper Backer ex K. Heyne) menahan gaya normal tekanan dan tarikan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 40(1), 37–48.
- Palombini, F. L., & Nogueira, F. M. (2023). *Bamboo and Sustainable Construction*. Springer.
- Patmasari, Dyah, Ir. H. Morisco, P. . (2006). Sistem perencanaan struktur bangunan bambu. *Tesis S2 Teknik Sipil (MTBB)*.
- Patria, R., Bawono, S. E., & Pristyawati, T. (2023). Nilai Faktor Reduksi Pada Bangunan Bertingkat di Gunungkidul Yogyakarta. *Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 5(1), 6–13.
- Patria, R., Bawono, S. E., & Rahayu, A. P. (2024). Rizaldi Patria Efisiensi Anggaran Biaya Pada Pembangunan

- Masjid Haya Bohol, Rongkop, Gunungkidul. *Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 6(2), 127–136.
- PETUNG, B. S. O. F., & INTO, T. B. R. (n.d.). *Kuat Lekat Tulangan Bambu Petung dan Bambu Tali dalam Beton Normal*.
- Plizzari, G. (n.d.). Materials and Structures. *Springer Nature Link*.
- Prayitno. (2008). *Pengujian Sifat Fisika Mekanika*. Universitas Gadjah Mada.
- Putra, I., Sinarta, I. N., & Bagiarta, I. K. Y. (2020). Analisa kekuatan struktur bambu pada pembangunan entry building green school ubud. *J Ukarst*, 4(1), 40–53.
- Rachman, R., Artanto, B., Arruan, R., One, L., Firman, R., Aswad, N., Sunarno, Y., & Isdyanto, A. (2025). *Teknologi Bahan Bangunan*.
- Rathoure, A. K. (2022). Life Cycle Assessment of Bamboo Products. In *Encyclopedia of Green Materials* (pp. 1–6). Springer.
- Rini, D. S., Wulandari, F. T., & Aji, I. M. L. (2017). Studi Jenis Dan Sebaran Bambu Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 3(4), 37–41.
- Sulaeman, B. (2018). Modulus elastisitas berbagai jenis material. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 3(2), 127–138.
- Syahroni, M. (2017). sifat fisika bambu tali (Gigantochloa apus kurs) dan Bambu Tutul (Bambusa vulgaris Schrad).[Skripsi]. Program Studi Kehutanan. UNRAM.
- Terai, M. (2025). *Structural Behaviour of Geopolymer Concrete Beams Reinforced with Bamboo Bars*.
- Trigunarsyah, B. (2020). Hambatan penerapan konstruksi berkelanjutan: perspektif pemerintah. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 18–28.
- Wicaksono, T. M., Awaludin, A., & Siswosukarto, S. (2017). Analisis Perkuatan Lentur Balok Kayu Sengon dengan Sistem Komposit Balok Sandwich (Lamina dan Plate). *Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Inersia*, 9(2), 129–140.
- Wulandari, F. T. (2019). Karakteristik dan sifat fisik bambu petung (Dendrocalamus asper. backer) di kawasan hutan kemasyarakatan (HKM) Desa Aik Bual, Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Buletin Loupe*, 15(01), 300800.
- Wulandari, F. T., Aji, I. M. L., & Rini, D. S. (2018). Identifikasi Jenis Bambu Dikawasan HKM Desa Aik Bual. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 4(4), 8–12.