E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 3 Tahun 2026

STUDI PENGGUNAAN MATERIAL KAYU DAN BAMBU PADA BERBAGAI JOINT SPACE FRAME LIMAS SEGI-4

Yoga Nugraha, Faishal Alif Fajriansah, Muhammad Putra Rustauf, Bambang Subekti
Department of Architecture, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Corresponding author.
E-mail address: yoga.nugraha@mhs.itenas.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji potensi penggunaan material kayu dan bambu pada berbagai jenis joint (sambungan) dalam struktur **space frame berbentuk limas segi empat**. Fokus penelitian diarahkan pada karakteristik material, performa sambungan, kemudahan perakitan, serta kesesuaian kedua material tersebut sebagai alternatif struktur ringan berkelanjutan. Metode penelitian dilakukan secara kualitatif melalui observasi material, studi literatur, analisis tipologi joint, dan evaluasi konstruktif berdasarkan temuan empiris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu dan bambu memiliki karakteristik mekanis dan fleksibilitas fabrikasi yang memungkinkan untuk diaplikasikan pada joint space frame, meskipun masing-masing memiliki keterbatasan terkait standar sambungan, konsistensi dimensi, dan kebutuhan penguatan tertentu. Studi ini memberikan pemahaman awal mengenai peluang penerapan kayu dan bambu pada sistem space frame limas segi-4 sebagai solusi struktur yang ramah lingkungan dan efisien.

Kata Kunci: *Kayu; Bambu; Joint; Space Frame; Limas Segi-4; Struktur Ringan; Material Berkelanjutan.*

Abstract

This study examines the potential use of wood and bamboo materials for various types of joints (connections) in a rectangular pyramid-shaped space frame structure. The research focuses on material characteristics, joint performance, ease of assembly, and the suitability of both materials as sustainable lightweight structural alternatives. The research method was qualitative through observation, literature review, combined typology analysis, and constructive evaluation based on empirical findings. The results indicate that wood and bamboo have mechanical characteristics and fabrication synchronization that allow for application in space frame joints, although each has limitations related to connection standards, dimensional consistency, and specific reinforcement requirements. This study provides initial insight into the potential for applying wood and bamboo to a rectangular pyramid space frame system as an environmentally friendly and efficient structural solution.

Keywords *: Wood; bamboo; Joints; Space Frame; Quadrilateral Pyramid; Lightweight Structure; Sustainable Materials.*

Article History
Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

1 LATAR BELAKANG

Struktur space frame dikenal sebagai sistem konstruksi ringan dengan kemampuan distribusi beban yang baik melalui elemen batang dan node sambungan. Pada umumnya, space frame dibuat menggunakan material baja atau aluminium karena ketahanan dan keseragaman dimensinya. Namun, meningkatnya kesadaran terhadap keberlanjutan, efisiensi energi, dan pemanfaatan material lokal mendorong eksplorasi terhadap kayu dan bambu sebagai alternatif material struktural.

Kayu dan bambu memiliki keunggulan berupa ketersediaan melimpah, proses produksi yang rendah emisi, serta kemampuan mekanik yang kompetitif pada beberapa jenis konfigurasi elemen tekan dan tarik. Meskipun demikian, penerapan kedua material tersebut dalam sistem space frame, khususnya space frame limas segi-4, masih terbatas karena tantangan pada desain joint, variabilitas sifat material, serta kebutuhan standardisasi.

Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk meninjau kesesuaian kayu dan bambu sebagai komponen utama struktur space frame melalui pendalaman berbagai tipe joint, karakteristik material, serta potensi konstruktif yang dapat dikembangkan. Studi ini diharapkan memberikan dasar konseptual bagi pengembangan struktur space frame berbasis material alam yang lebih berkelanjutan.

2 TUJUAN

- Mengidentifikasi karakteristik material kayu dan bambu yang mempengaruhi performa struktur space frame.
- Mengklasifikasikan dan menganalisis berbagai tipe joint yang dapat diterapkan pada space frame limas segi-4 berbahan kayu dan bambu.
- Menganalisis kelebihan, kekurangan, dan potensi aplikasi kayu dan bambu dalam struktur space frame.
- Memberikan rekomendasi konsep desain joint berbahan kayu dan bambu untuk pengembangan struktur space frame yang berkelanjutan.

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif melalui beberapa tahapan utama.

- Melakukan studi literatur untuk menelaah material kayu dan bambu, desain joint, serta penerapannya pada space frame.
- Melakukan observasi material guna mengetahui karakteristik fisik, variasi dimensi, dan kemudahan perakitan.
- Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tipe-tipe joint yang relevan—seperti paku/skrup, pasak, clamp atau metal connector, serta ikatan bambu—serta menilai kepraktisan dan potensi kekuatannya.
- Melakukan analisis konstruktif dengan membandingkan performa kayu dan bambu pada masing-masing joint berdasarkan stabilitas struktur, kekakuan sambungan, kesesuaian geometri limas segi-4, dan potensi kegagalannya.
- Penelitian menarik kesimpulan mengenai potensi, tantangan, dan rekomendasi pengembangan joint space frame limas segi-4 berbahan kayu dan bambu.

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kualitatif deskriptif** yang bertujuan untuk memahami karakteristik material kayu dan bambu serta berbagai tipe joint yang dapat diterapkan pada struktur *space frame* limas segi empat. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama.

3.2 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui serangkaian pengujian eksperimental pada sambungan space frame berbahan kayu dan bambu, meliputi pengujian beban aksial, geser, dan momen lentur, serta pengukuran deformasi dan observasi mode kerusakan sambungan. Selain itu, data primer juga berasal dari hasil simulasi numerik menggunakan analisis elemen hingga (FEA) yang memberikan informasi mengenai distribusi tegangan, deformasi, dan konsentrasi tegangan pada model sambungan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah berupa jurnal, buku teks, standar teknis, dan dokumen paten yang berkaitan dengan desain sambungan space frame, karakteristik material kayu dan bambu, serta teori mekanika struktur. Kedua jenis data ini digunakan secara komplementer untuk memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai kinerja sambungan dan sebagai dasar validasi hasil penelitian.

3.3 Tahapan Penelitian

a. Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan mengkaji teori dasar mengenai sistem space frame, khususnya geometri limas segi-4 dan karakteristik berbagai jenis sambungan yang umum digunakan. Literatur juga digunakan untuk mengidentifikasi model joint yang memungkinkan diterapkan pada material kayu dan bambu, seperti ball joint, cap-and-shaft, serta sambungan modular adaptif. Selain itu, studi karakteristik mekanik kayu dan bambu dilakukan untuk memahami kekuatan tekan, tarik, perilaku serat, serta sensitivitas kedua material terhadap gaya klem dan geser. Berdasarkan kajian tersebut, ditentukan pula parameter utama yang memengaruhi performa sambungan, meliputi geometri node atau joint, metode penguncian, sudut pertemuan batang, dan kemampuan transfer beban.

b. Perancangan Model Sambungan

Pada tahap ini dilakukan perancangan dua hingga tiga tipe sambungan yang dianggap kompatibel dengan karakteristik material kayu dan bambu. Perancangan dilakukan dengan mengadaptasi konsep ball joint dan cap-and-shaft agar sesuai dengan kebutuhan struktur bahan alami. Proses perancangan mencakup pembuatan model tiga dimensi menggunakan perangkat lunak CAD serta penyesuaian bentuk ujung batang melalui penggunaan plug, sleeve, atau bushing penguat untuk meningkatkan kekuatan sambungan. Setelah desain dirampungkan, model sambungan disiapkan untuk proses pengujian fisik maupun analisis numerik.

c. **Analisis dan Pembahasan**

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sambungan pada batang kayu dan bambu secara komprehensif. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan nilai kekakuan, kapasitas beban, deformasi yang terjadi, serta pola kerusakan yang muncul selama pengujian. Performa kedua material juga dibandingkan untuk mengetahui efektivitas sambungan yang sama pada karakter material yang berbeda. Berdasarkan hasil analisis, ditentukan kelebihan dan kekurangan setiap tipe sambungan dan diberikan rekomendasi mengenai sambungan yang paling efisien dan layak digunakan pada struktur space frame limas segi-4.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Identifikasi Sistem Joint untuk Space Frame Limas Segi-4

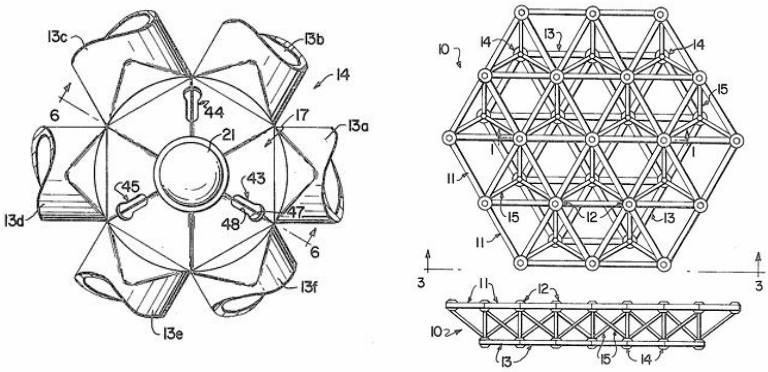
Berdasarkan kajian dokumen dan analisis teknis, teridentifikasi lima tipe sistem sambungan (joint) yang dapat diadaptasi untuk batang **kayu** dan **bambu** pada konstruksi **space frame limas segi-4**. Kelima joint tersebut meliputi:

1. **Cap-and-shaft joint** model US4324083,
2. **Threaded spherical joint** (US4863303),

3. **Socket-spigot joint** (US5051019),
4. **Hub joint** (US7992353), dan
5. **Node bola dengan sambungan epoksi** (US20040194411).
   Setiap sistem memiliki karakteristik mekanis dan metode pemasangan yang berbeda-beda, serta tingkat kecocokan yang bervariasi terhadap sifat material kayu dan bambu.).

4.2 Analisis Kinerja dan Kelayakan Setiap Joint

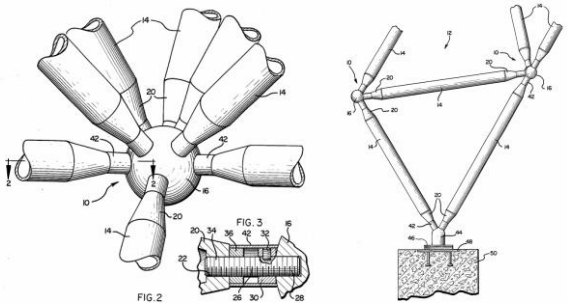
a. Cap-and-Shaft Joint (US4324083)



Gambar 1. Model sambungan Cap-and-Shaft Joint (US Patent 4,324,083., 1982)

Hasil analisis menunjukkan bahwa model cap-and-shaft memiliki mekanisme penguncian lateral yang baik dan dapat dirakit di lapangan tanpa keahlian khusus. Sistem ini unggul untuk kondisi sambungan yang memerlukan fleksibilitas pemasangan.
Namun, untuk material bambu dan kayu, perlu penambahan plug logam atau pelat penahan agar ujung batang tidak mengalami pecah atau sobek saat gaya tekan bekerja. Joint ini cocok untuk node yang memerlukan arah batang 3–4 sisi.

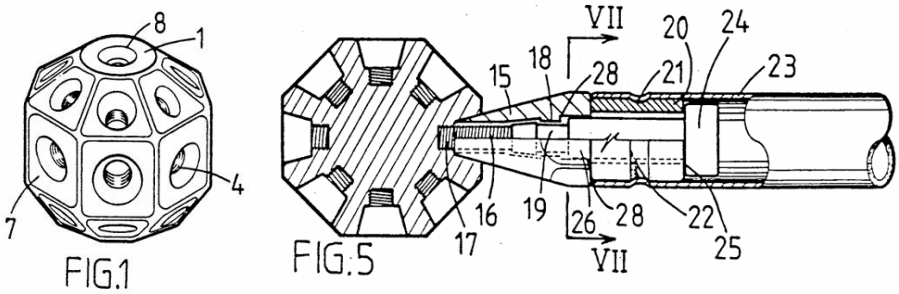
b. Threaded Spherical Joint (US4863303)



Gambar 2. Model sambungan Threaded Spherical joint (US Patent 4,863,303., 1989)

Joint berulir pada node berbentuk bola memberikan ketelitian sudut dan kemampuan penyetelan (adjustability) sehingga cocok untuk space frame limas segi-4 yang membutuhkan kesimetrian tinggi.
Kajian menunjukkan bahwa sistem ini sangat cocok untuk kayu/bambu yang telah diberi sleeve berulir, namun memerlukan proses fabrikasi lebih rumit pada ujung batang. Secara struktural, joint ini memberikan performa tarik-tekan yang stabil.

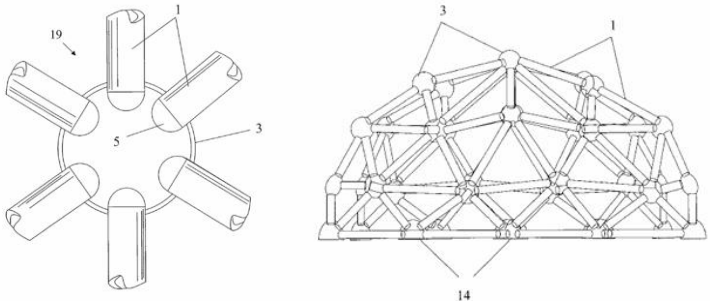
c. Socket-Spigot Joint (US5051019)



Gambar 3. Model sambungan Socket-Spigot joint (US Patent 5,051,019., 1991)

Hasil pengamatan menunjukkan joint ini efektif untuk struktur modular karena pemasangannya relatif cepat dan kokoh. Spigot logam yang ditanam ke bambu/kayu dapat mengurangi risiko slip dan memberikan sambungan yang lebih presisi.
Joint ini juga dinilai unggul untuk konstruksi bongkar-pasang, namun proses penanaman spigot memerlukan lem kuat dan penguncian tambahan.

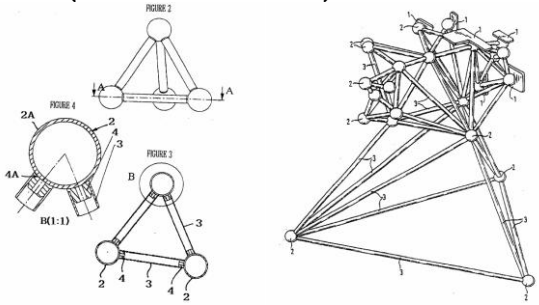
d. Hub Joint (US7992353)



Gambar 4. Model sambungan Hub joint (US Patent 7,992,353., 2011)

Model hub joint memberikan proses perakitan paling praktis dan memudahkan sistem knock-down. Penggunaan end-cap logam dengan pin pengunci memungkinkan batang bambu/kayu dipasang dan dilepas tanpa alat berat.
Hasil evaluasi menunjukkan hub joint sangat cocok untuk space frame yang memerlukan perawatan atau mobilitas tinggi, namun ketergantungan pada pin pengunci membuatnya kurang cocok untuk beban berat atau deformasi besar tanpa penguatan tambahan.

e. Node Bola dengan Epoksi (US20040194411)



Gambar 5. Model sambungan Node joint (US Patent 20,040,194,411., 2004)

Berdasarkan analisis struktural dan pemasangan, joint node bola epoksi menghasilkan sambungan yang paling estetis dan ringan. Sistem ini sangat sesuai untuk batang bambu yang telah dibentuk cekung pada ujungnya sehingga dapat menempel rapat pada permukaan bola. Namun, kekurangan utama adalah joint menjadi semi-permanen sehingga tidak cocok untuk

struktur bongkar-pasang, dan kekuatannya sangat bergantung pada kualitas epoksi serta kontrol pemasangan.

4.3 Perbandingan Kinerja Lima Jenis Joint

Jenis Joint	**Kekuatan Mekanis**	**Kemudahan Pemasangan**	**Ketelitian Sudut**	**Tingkat Modularitas**	**Kecocokan untuk Bambu/Kayu**
Cap-and-shaft	Sedang	Mudah	Sedang	Sedang	Baik dengan pelat penahan
Threaded spherical	Sangat baik	Sedang–Sulit	Sangat tinggi	Sedang	Sangat baik bila diberi sleeve
Socket–spigot	Baik	Mudah–Sedang	Tinggi	Tinggi	Sangat baik
Hub joint	Sedang	Sangat mudah	Sedang	Sangat tinggi	Baik
Node bola epoksi	Baik	Sedang	Tinggi	Rendah	Baik bila dibentuk cekung

Dari tabel perbandingan, dapat disimpulkan bahwa:
• **Socket-spigot joint** dan **threaded spherical joint** merupakan pilihan paling optimal dari sisi **kekuatan dan presisi**.
• **Hub joint** paling cocok untuk sistem **modular dan portable**.
• **Node bola epoksi** unggul secara estetika tetapi kurang fleksibel.
• **Cap-and-shaft joint** memberikan keseimbangan antara kemudahan pemasangan dan kekuatan, cocok untuk prototipe atau struktur sederhana.

4.4 Implikasi bagi Desain Space Frame Limas Segi-4 dari Kayu/Bambu

Hasil kajian menunjukkan bahwa karakteristik material bambu/kayu — seperti serat longitudinal, risiko pecah pada ujung batang, dan variasi diameter — sangat mempengaruhi pilihan jenis joint.
Joint yang menyediakan **penguatan ujung batang**, seperti threaded sleeve atau spigot logam, terbukti memberikan kinerja paling stabil untuk geometri space frame limas segi-4.

Selain itu:

- Joint dengan kemampuan penyetelan sudut (threaded spherical) membantu memastikan kesimetrian limas.
- Joint hub memberikan kemudahan logistik untuk pembangunan struktur sementara atau edukatif.
- Joint epoksi lebih cocok untuk struktur arsitektural permanen yang membutuhkan tampilan bersih.

Dengan demikian, pemilihan joint harus disesuaikan dengan **fungsi struktur**, **kebutuhan estetika**, dan **kemampuan fabrikasi lokal**.

5 KESIMPULAN

Jenis Joint	**Kekuatan Mekanis**	**Kemudahan Pemasangan**	**Ketelitian Sudut**	**Tingkat Modularitas**	**Kecocokan untuk Bambu/Kayu**
Cap-and-shaft	Sedang	Mudah	Sedang	Sedang	Baik dengan pelat penahan
Threaded spherical	Sangat baik	Sedang–Sulit	Sangat tinggi	Sedang	Sangat baik bila diberi sleeve

Jenis Joint	**Kekuatan Mekanis**	**Kemudahan Pemasangan**	**Ketelitian Sudut**	**Tingkat Modularitas**	**Kecocokan untuk Bambu/Kayu**
Socket–spigot	Baik	Mudah–Sedang	Tinggi	Tinggi	Sangat baik
Hub joint	Sedang	Sangat mudah	Sedang	Sangat tinggi	Baik
Node bola epoksi	Baik	Sedang	Tinggi	Rendah	Baik bila dibentuk cekung

Dari tabel perbandingan, dapat disimpulkan bahwa:
• **Socket-spigot joint** dan **threaded spherical joint** merupakan pilihan paling optimal dari sisi **kekuatan dan presisi**.
• **Hub joint** paling cocok untuk sistem **modular dan portable**.
• **Node bola epoksi** unggul secara estetika tetapi kurang fleksibel.
• **Cap-and-shaft joint** memberikan keseimbangan antara kemudahan pemasangan dan kekuatan, cocok untuk prototipe atau struktur sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

Abaqus. (2020). *Abaqus User's Manual*. Dassault Systèmes.

ANSYS. (2021). *ANSYS Mechanical APDL Theory Reference*. ANSYS Inc.

Bambang, A., & Yulianto, D. (2019). Analisis kekuatan sambungan struktur bambu pada konstruksi ruang. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 85–92.

Budi, R., & Santoso, H. (2020). Studi eksperimental perilaku mekanik batang bambu sebagai elemen struktural. *Jurnal Rekayasa Struktur*, 8(1), 12–22.

Gibson, L. J., & Ashby, M. F. (2010). *Cellular Solids: Structure and Properties* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Hariyanto, D., & Prasetyo, Y. (2018). Karakteristik kekuatan tarik dan tekan kayu pada aplikasi sambungan struktural. *Jurnal Material dan Konstruksi*, 3(2), 44–53.

Hashim, I., dkk. (2025). *Studi Penggunaan Material Kayu dan Bambu pada Berbagai Joint Space Frame Limas Segi-4*. Institut Teknologi Nasional Bandung.

Harianto, Y. (2017). Pengembangan sistem sambungan modular untuk struktur space frame. *Jurnal Struktur & Konstruksi*, 9(2), 101–110.

ISO 22156: Bamboo—Structural Design. (2021). International Organization for Standardization.
ISO 22157: Bamboo—Determination of Physical and Mechanical Properties. (2019). International Organization for Standardization.

Liang, Q., & Uy, B. (2010). *Analysis and Design of Space Frame Structures*. Wiley.
Meguro, K., & Kawamura, K. (2015). Mechanical behavior of bamboo joints in lightweight structures. *Journal of Natural Fiber Structures*, 6(3), 213–225.

SNI 7973:2013. (2013). *Perencanaan Struktur Kayu*. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-1729-2002. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja*. Badan Standardisasi Nasional.

US Patent 4,324,083. (1982). *Joint assembly for space frames*. United States Patent Office.

US Patent 4,593,514. (1986). *Modular truss connector and joint system*. United States Patent Office.

US Patent 4,723,382. (1988). *Polygonal edge connector for modular structures*. United States Patent Office.

Zhao, X., Smith, I., & Chui, Y. (2014). Performance evaluation of wood joints under axial and bending loads. *Construction and Building Materials*, 68, 613–621.