

Pengaruh Variasi Dimensi Tenon Terhadap Kuat Tekan Sambungan Blind Mortise-Tenon Kayu Jati

Article History:

Received
6 April 2026
Revised
17 Juli 2026
Accepted
20 Juli 2026

ASIH RIESTIKA ASTUTININGTYAS^{1*}, YUDHI ARNANDHA²,
ARUMBINANG WAJDI³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tidar, Kota Magelang, Indonesia

*Corresponding email: asihriestika@gmail.com

ABSTRAK

Analisis kapasitas momen melalui uji kuat tekan pada sambungan blind mortise-tenon kayu jati dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi geometri tinggi tenon. Melalui metode eksperimental, sebanyak 20 spesimen berbentuk L dengan variasi tinggi tenon 25, 30, 35, dan 40 mm diuji menggunakan Compression Testing Machine pada sudut 45°. Hasil uji one-way ANOVA mengungkapkan bahwa penambahan tinggi tenon cenderung menurunkan ketahanan momen akibat penipisan dinding mortise, meskipun terjadi peningkatan kembali pada variasi 40 mm karena distribusi tegangan yang lebih merata. Kapasitas momen tertinggi dicapai oleh variasi 25 mm (257.798,83 Nmm), sementara nilai terendah berada pada variasi 35 mm (161.999,81 Nmm). Kegagalan struktural yang dominan teridentifikasi melalui pecahnya dinding mortise dan retak horizontal.

Kata kunci: sambungan blind mortise-tenon, tinggi tenon, ketahanan momen

ABSTRACT

An analysis of moment capacity through compression testing on blind mortise-tenon joints made of teak wood was conducted to evaluate the effect of variations in tenon height. Using an experimental method, 20 L-shaped specimens with tenon heights of 25, 30, 35, and 40 mm were tested using a compression testing machine at a 45° angle. The results of the one-way ANOVA revealed that increasing tenon height tends to reduce moment resistance due to the thinning of the mortise walls, although a slight increase was observed in the 40 mm variation due to a more even stress distribution. The highest moment capacity was achieved by the 25 mm variation (257,798.83 Nmm), while the lowest value was found in the 35 mm variation (161,999.81 Nmm). The dominant modes of structural failure were identified as mortise wall rupture and horizontal cracking.

Keywords: blind mortise-tenon joint, tenon height, moment resistance

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



PENDAHULUAN

Material kayu telah lama menjadi salah satu bahan utama dalam konstruksi karena pasokannya yang melimpah, proses pengolahannya relatif sederhana, serta variasi sifat mekaniknya tergantung pada jenis spesiesnya. Penggunaan material kayu tidak hanya ditujukan untuk kebutuhan struktural, tetapi juga karena memiliki daya tahan dan nilai seni yang tinggi [1]. Munculnya permintaan dari sektor furnitur dan bangunan kayu yang melibatkan sistem sambungan kini menimbulkan persoalan baru, yakni menciptakan sambungan yang aman, hemat, dan selaras dengan karakteristik bahan tersebut [2].

Sambungan kayu merupakan metode untuk menyatukan dua elemen kayu agar berfungsi secara struktural. Sambungan kayu menjadi bagian terlemah pada suatu struktur, sehingga banyak terjadi kegagalan atau kerusakan struktur akibat kegagalan sambungan [3]. Pengembangan bentuk serta dimensi sambungan yang optimal merupakan faktor kunci dalam meningkatkan kinerja struktural pada sambungan kayu.

Berbagai teknik sambungan kayu kini telah dikembangkan, seperti sambungan *mortise-tenon* yang memiliki variasi dengan karakteristik struktural berbeda. Beberapa variasi sambungan *mortise-tenon* seperti *through mortise-tenon*, *haunched mortise-tenon*, serta *blind mortise-tenon* dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan kekuatan dan estetika. *Through mortise-tenon* merupakan jenis sambungan *mortise-tenon* yang memiliki kuncian kuat karena tenon menembus seluruh ketebalan kayu, namun bentuknya kurang estetik [4]. *Haunched mortise-tenon* dapat meningkatkan stabilitas terhadap puntiran karena ada tambahan *haunch* di bagian ujung tenon, tetapi proses pembuatannya lebih rumit [5]. Berbeda dengan teknik *blind mortise-tenon joint* yang sudah banyak digunakan pada industri furnitur dan konstruksi rangka karena memiliki kapasitas jepit, kekakuan serta ketahanan momen yang lebih baik dibanding sambungan tradisional lainnya.

Sambungan *blind mortise-tenon* merupakan teknik sambungan tradisional yang memiliki ciri khas tenon tertanam dalam *mortise* tanpa menembus ke sisi luar, sehingga tetap menjaga estetika sambungan. Sambungan ini banyak diterapkan pada konstruksi rangka dan

furnitur seperti sambungan balok-kolom pada rumah tradisional, rangka pintu dan jendela, meja, kursi serta tangga kayu. Desain sambungan *blind mortise-tenon* juga dapat mengurangi risiko masuknya kelembapan dan kerusakan di ujung *tenon*, sehingga sambungan ini lebih stabil untuk kayu keras dengan densitas tinggi [6]. Kekuatan sambungan *mortise-tenon* termasuk tipe *blind* sangat bergantung pada luas bidang kontak, kepadatan material di sekitar sambungan, dan bagaimana kayu menahan tekanan serta geser di sekitar *tenon* dan *mortise* [7].

Kayu jati (*Tectona grandis*) dikenal memiliki densitas tinggi, stabilitas dimensi, ketahanan terhadap jamur dan rayap [8]. Sambungan *blind mortise-tenon* yang mengandalkan presisi ukuran *mortise* dan *tenon* akan memerlukan kayu dengan stabilitas dimensi yang baik seperti kayu jati. Dalam praktiknya, kayu jati juga sering digunakan pada elemen rangka yang memerlukan sambungan tersembunyi dengan tampilan rapi, sehingga penggunaan sambungan *blind mortise-tenon* pada kayu jati menjadi representatif terhadap kondisi di lapangan.

Penelitian terbaru mengenai sambungan *blind mortise-tenon* menunjukkan bahwa variasi dimensi tenon memengaruhi kekuatan dan sifat mekaniknya. Ketepatan dimensi antara *tenon* dan *mortise* berpengaruh signifikan terhadap kapasitas tekan sambungan [9]. Studi ini dibuktikan dengan hasil kuat tekan sambungan *full-width mortise-tenon* yang mampu mencapai 117,12 MPa pada kayu *ash*.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa pada dunia industri, pemilihan dimensi *tenon* sering kali didasarkan pada pengalaman empiris tanpa adanya perhitungan mendasar dan jelas. Akibatnya, akan menurunkan efisiensi kekuatan sambungan dan daya tahan struktur tersebut. Kondisi ini semakin menegaskan perlunya penelitian eksperimental untuk mengetahui bagaimana variasi dimensi tenon berpengaruh terhadap ketahanan momen sambungan *blind mortise-tenon* kayu jati.

Penelitian mengenai dimensi sambungan *blind mortise-tenon* telah banyak dilakukan, namun literatur yang secara spesifik mengkaji pengaruh variasi tinggi tenon terhadap ketahanan momen pada konfigurasi *L-joint* kayu jati masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut melalui analisis eksperimental. Fokus utama diarahkan pada pengaruh dimensi tinggi tenon

terhadap ketahanan momen melalui uji kuat tekan sambungan *blind mortise-tenon*.

TINJAUAN PUSTAKA

Kayu Jati

Kayu Jati (*Tectona grandis*) memiliki karakteristik mekanis unggul dengan klasifikasi kelas kuat I dan kelas awet I. Kayu jati memiliki berat jenis 0,62–0,75 pada kondisi kering udara dan kerapatan kayu berkisar 0,70–0,77 gram/cm³. Keawetan alaminya, terutama pada bagian teras (*heartwood*), didukung oleh kandungan zat ekstraktif seperti fenol dan kuinon yang memberikan proteksi terhadap jamur dan serangga [10]. Karakteristik fisik yang stabil dan ketahanan jangka panjang tersebut menjadikan kayu jati sebagai pilihan utama untuk komponen struktural luar ruangan maupun furnitur dengan nilai estetika tinggi.

Sambungan *Blind Mortise-Tenon*

Sambungan *blind mortise-tenon* merupakan sambungan kayu tradisional dengan ujung tenon tersembunyi yang dapat berbentuk persegi panjang maupun membulat sesuai metode fabrikasi. Keunggulan utamanya terletak pada aspek estetika, minimnya risiko retak permukaan, serta kekuatan lentur yang optimal jika dimensi dan tingkat kerapatannya (*fit*) dirancang secara presisi [11]. Sambungan ini tetap relevan dalam industri furnitur karena karakteristiknya yang ramah lingkungan, mendukung prinsip keberlanjutan melalui efisiensi material, serta kemudahan untuk didaur ulang.

Kadar Air Kayu

Kadar air kayu merupakan rasio massa air yang terkandung dalam kayu dengan massa kering oven dalam satuan persen. Kandungan air dalam kayu memengaruhi kestabilan dimensi karena cenderung mengalami penyusutan, pembengkakan, dan penurunan kekuatan mekanik [12]. Nilai kadar air kayu berdasarkan SNI 03-6848-2002 [13] diperoleh dengan **Persamaan 1**.

$$w_c = \frac{w_0 - w_1}{w_1} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan w_c adalah kadar air kayu (%), w_0 adalah berat kayu kering udara (gram), dan w_1 adalah berat kayu kering oven (gram).

Kerapatan Kayu

Kerapatan kayu didefinisikan sebagai rasio massa kayu kering oven dengan volumenya (gram/cm³). Berdasarkan SNI 7973:2013 [14],

kerapatan kayu kering udara dan kerapatan kayu kering oven dapat diperoleh dengan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3** berikut.

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad (2)$$

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} \quad (3)$$

Dengan ρ_0 adalah kerapatan kering udara (gram/cm³), ρ_1 adalah kerapatan kering oven (gram/cm³), m_0 adalah massa kering udara (gram), m_1 adalah massa kering oven (gram), V_0 adalah volume benda uji kering udara (cm³) dan V_1 adalah volume benda uji kering oven (cm³).

Berat Jenis Kayu

Berat jenis didefinisikan sebagai perbandingan antara berat kayu kering oven dengan berat air pada volume yang sama. Berdasarkan SNI 03-6848-2002, berat jenis kayu kering udara dan kering oven dapat diperoleh dengan **Persamaan 4** dan **Persamaan 5** berikut.

$$BJ_0 = \frac{K \times m_0}{V_0} \quad (4)$$

$$BJ_1 = \frac{K \times m_1}{V_1} \quad (5)$$

Dengan BJ_0 adalah berat jenis kering udara, BJ_1 adalah berat jenis kering oven, dan K adalah konstanta (1, massa dalam gram serta volume dalam cm³).

Ketahanan Momen

Ketahanan momen merepresentasikan kapasitas elemen kayu dalam menahan beban hingga batas kegagalan struktural. Parameter ini diukur melalui uji tekan pada spesimen konfigurasi V (90°) dengan masing-masing balok kayu berada pada sudut 45° terhadap arah gaya dari mesin hidrolik. Ketahanan momen pada sambungan yang mengalami pembebanan tekan/*compression* dapat dihitung menggunakan **Persamaan 6** berikut.

$$M = \frac{F_c}{L_c} \quad (6)$$

Dengan M adalah ketahanan momen (Nmm), F_c adalah gaya maksimum (N), dan L_c adalah panjang lengan momen (mm).

Uji ANOVA

Uji ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan rata-rata antarkelompok data. Hipotesis nol ditolak jika keragaman antarkelompok lebih

besar daripada keragaman dalam kelompok, yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari faktor perlakuan. Metode *one-way* ANOVA dalam penelitian ini diterapkan untuk menganalisis pengaruh variasi tinggi tenon terhadap kekuatan sambungan *mortise-tenon* kayu Jati.

METODE

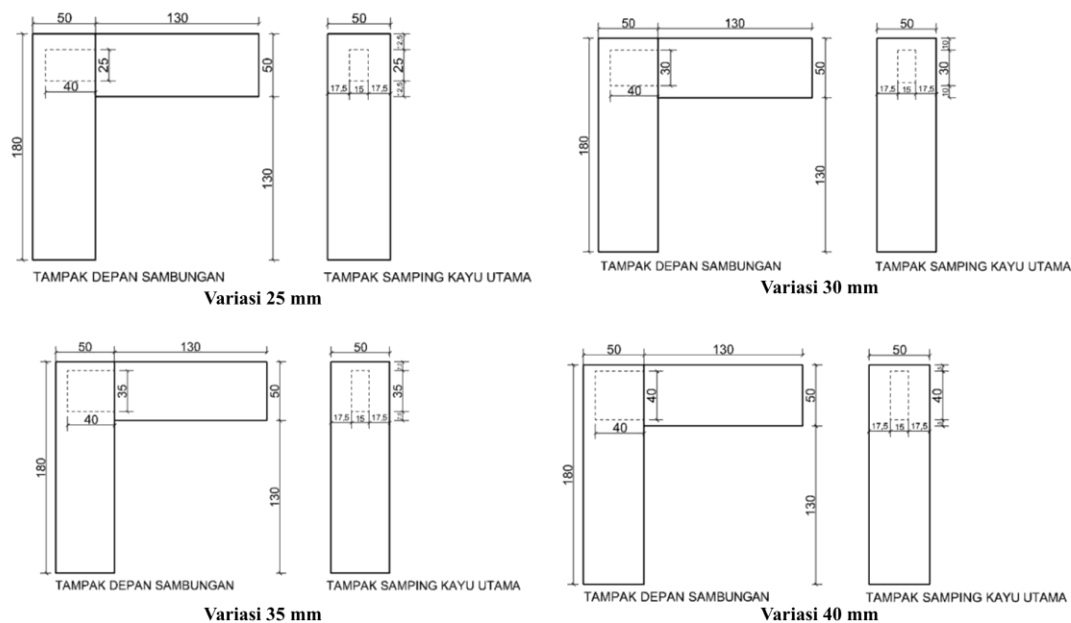
Tahapan penelitian diawali dengan persiapan material kayu jati melalui proses oven pada suhu 110 ± 10 °C selama 24 jam. Evaluasi sifat fisik dilakukan terhadap sampel berukuran $50 \times 50 \times 50$ mm guna memastikan kepatuhan terhadap SNI 7973:2013, dengan standar kadar air maksimal 19% dan kerapatan 0,60–0,80 gram/cm³.

Benda uji terdiri dari komponen tiang ($180 \times 50 \times 50$ mm) dan galangan ($130 \times 50 \times 50$ mm)

yang dihubungkan melalui sistem *mortise-tenon* ujung persegi. Spesifikasi tenon ditetapkan secara seragam dengan lebar 15 mm dan panjang 40 mm. Pengujian terfokus pada analisis ketahanan momen melalui uji tekan dengan variasi dimensi *mortise* dan tenon sebagai berikut:

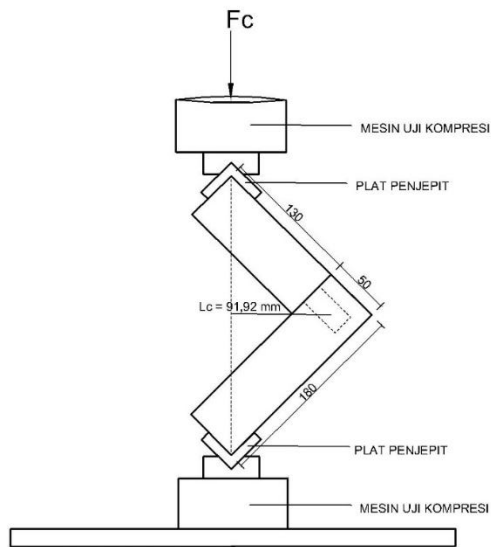
1. Kelompok variasi 25 mm : 25A, 25B, 25C, 25D, 25E.
2. Kelompok variasi 30 mm : 30A, 30B, 30C, 30D, 30E.
3. Kelompok variasi 35 mm : 35A, 35B, 35C, 35D, 35E.
4. Kelompok variasi 40 mm : 40A, 40B, 40C, 40D, 40E.

Sambungan berbentuk siku (*L-shaped*) dengan ujung tenon berbentuk kotak. Konfigurasi tenon pada 4 kelompok benda uji ditunjukkan dalam **Gambar 1**.



Gambar 1. Konfigurasi Tenon pada Benda Uji

Kayu utama dan kayu samping akan dirakit menjadi 1 (satu) bagian dengan bantuan perekat *polyvinyl acetate* (PVAc) dengan sekali olesan pada lidah tenon. Pengujian kuat tekan sambungan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) merek JTM dengan output berupa nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh sambungan, kemudian diolah untuk mendapatkan nilai ketahanan momen sambungan. Skema pembebanan pada sambungan ditunjukkan pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. Skema Pembebanan Benda Uji

Benda uji diposisikan miring 45° dengan komponen tiang bertumpu pada hidrolik bawah dan komponen galangan menerima beban dari hidrolik atas. Konfigurasi ini memastikan transfer gaya langsung pada sambungan *mortise-tenon* guna mengukur kekuatan murni sambungan. Kapasitas momen dihitung melalui perkalian beban tekan dengan lengan momen efektif (L_c) sebesar 91,92 mm yang diukur dari pusat rotasi sambungan hingga titik tangkap gaya beban. Tahap uji tekan sambungan *blind mortise-tenon* ditunjukkan pada **Gambar 3**.

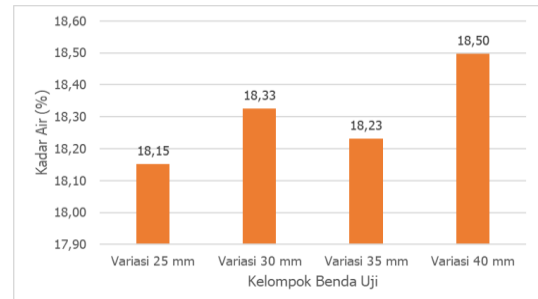


Gambar 3. Uji Kuat Tekan Sambungan *Blind Mortise-Tenon*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air benda uji disajikan dalam grafik pada **Gambar 3**.

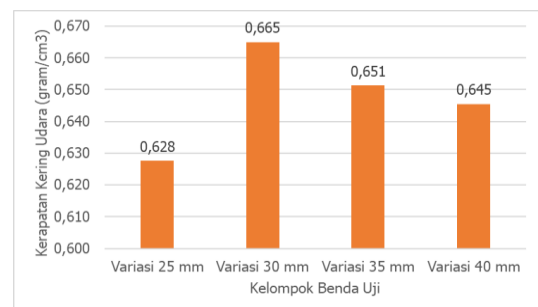


Gambar 4. Hasil Pengujian Kadar Air Benda Uji

Kadar air seluruh sampel memenuhi standar SNI 7973:2013 dengan nilai di bawah batas maksimum 19%. Hal ini menunjukkan bahwa kayu jati merupakan material penelitian yang stabil secara teknis. Konsistensi kadar air tersebut bertujuan untuk meminimalisir bias pada hasil analisis ketahanan momen akibat variasi kelembapan kayu.

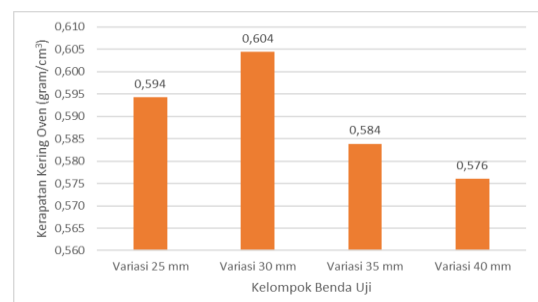
Pengujian Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan kering udara benda uji disajikan dalam grafik pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hasil Pengujian Kerapatan Kering Udara Benda Uji

Hasil pengujian kerapatan kering oven benda uji disajikan dalam grafik pada **Gambar 6**.

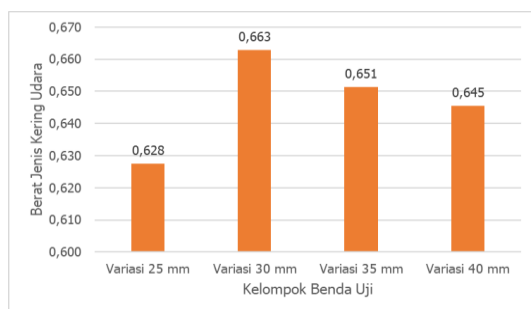


Gambar 6. Hasil Pengujian Kerapatan Kering Oven Benda Uji

Nilai kerapatan kering oven yang lebih rendah dibandingkan dengan kerapatan kering udara merepresentasikan hilangnya massa air akibat proses dehidrasi. Meskipun berasal dari spesies yang sama, variasi kerapatan antarsampel tetap teramati sebagai dampak dari perbedaan struktur anatomi kayu. Faktor-faktor tersebut adalah ketebalan dinding sel, dimensi lumen, serta distribusi serat.

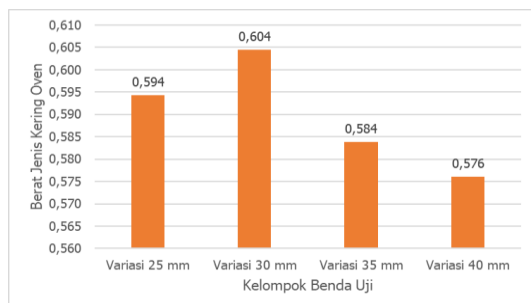
Pengujian Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis kering udara benda uji disajikan dalam grafik pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Hasil Pengujian Berat Jenis Kering Udara Benda Uji

Hasil pengujian berat jenis kering oven benda uji disajikan dalam grafik pada **Gambar 8**.

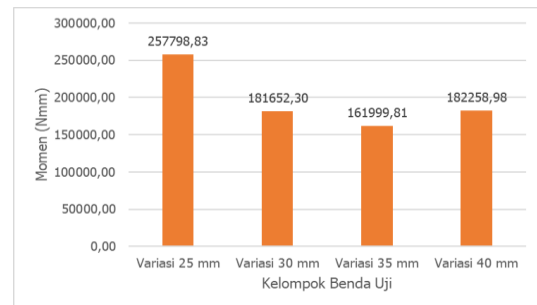


Gambar 8. Hasil Pengujian Berat Jenis Kering Oven Benda Uji

Berat jenis kayu jati pada kondisi kering udara memenuhi standar SNI 7973:2013 (0,62–0,75) namun mengalami penyusutan di bawah batas minimum pada kondisi kering oven. Reduksi nilai berat jenis dikarenakan hilangnya massa air selama proses dehidrasi material. Hal ini merepresentasikan pengaruh kadar air terhadap karakteristik fisik kayu.

Analisis Ketahanan Momen

Hasil pengujian ketahanan momen benda uji disajikan dalam grafik pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hasil Pengujian Ketahanan Momen Benda Uji

Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh dari variasi tinggi tenon terhadap nilai ketahanan momen secara fluktuatif. Peningkatan tinggi tenon dari 25 mm hingga 35 mm menyebabkan penurunan nilai momen akibat penipisan dinding mortise pada kayu tiang. Pengurangan penampang bersih ini menyebabkan reduksi area efektif penahan tegangan, sehingga memicu konsentrasi tegangan tinggi pada ujung atas tenon yang mengakibatkan kegagalan lokal berupa retak pada dinding mortise.

Peningkatan nilai ketahanan momen terjadi pada tinggi tenon 40 mm. Hal ini menandakan adanya transisi mekanisme distribusi beban. Pada dimensi 40 × 40 mm (rasio simetris), tegangan tidak lagi terpusat pada dinding yang tipis, melainkan terdistribusi lebih merata di sepanjang permukaan kontak antara tenon dan mortise. Kerusakan sambungan pada variasi ini juga lebih ringan, hanya berupa retak rambut dan celah mikro antara tiang dan galangan, yang mengindikasikan efisiensi penyaluran beban tanpa adanya *stress concentration* yang ekstrem.

Justifikasi ini didukung oleh analisis distribusi tegangan yang menunjukkan bahwa dimensi tenon yang lebih besar dan proporsional cenderung menghasilkan tegangan kontak yang lebih rendah dibandingkan dengan dimensi yang sempit [15]. Namun, jika tinggi tenon ditingkatkan melebihi 40 mm (misalnya 45 mm), dinding mortise yang tersisa hanya sebesar 2,5 mm pada sisi atas dan bawah. Pengurangan penampang kritis tersebut akan menyebabkan kegagalan pecah dini akibat dinding mortise tidak lagi mampu menahan gaya geser dan desak.

Analisis *one-way* ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan tinggi tenon berpengaruh signifikan terhadap kapasitas momen sambungan (*p-value* = 0,00881). Dengan diterimanya H_1 ,

terbukti secara statistik bahwa perubahan geometri pada tinggi tenon berdampak terhadap perbedaan capaian nilai momen sambungan.

Bentuk Kerusakan Sambungan

Hasil pengamatan pada seluruh benda uji menunjukkan pola kerusakan yang relatif serupa. Kerusakan diawali dengan munculnya retak pada dinding *mortise* akibat akumulasi tegangan saat pembebanan yang berfungsi sebagai elemen penahan gaya tekan. Seiring meningkatnya beban, retakan tersebut memicu pecahnya dinding *mortise* dan terbentuknya celah antara kayu tiang dan galangan, yang menyebabkan tenon tertarik keluar dari lubangnya. Bentuk kerusakan pada sambungan siku tipe *blind mortise-tenon* setelah dilakukan uji tekan terlihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Bentuk Kerusakan Sambungan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa variasi dimensi tinggi tenon berpengaruh signifikan terhadap kapasitas momen sambungan *blind mortise-tenon* kayu jati dengan merujuk pada hasil uji *one-way ANOVA* ($p\text{-value} = 0,00881$). Secara spesifik, peningkatan tinggi tenon dari 25 mm hingga 35 mm cenderung menurunkan nilai momen akibat penipisan dinding *mortise* yang memicu konsentrasi tegangan. Nilai momen rata-rata tertinggi sebesar 257.798,83 Nmm dicapai oleh kelompok variasi tinggi tenon 25 mm. Oleh karena itu, dimensi tenon 15 × 25 mm direkomendasikan sebagai ukuran paling efektif untuk sambungan siku pada kayu

dengan penampang 50 mm guna menjamin distribusi beban yang optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] F. Bastian and M. Rahadiyanti, "KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN KAYU JATI SEBAGAI MATERIAL PEMBUATAN FURNITUR DI ERA MODERN," *Kreasi: Journal of Design and Creative Industry*, vol. 7, no. 1, pp. 1–4, 2021.
- [2] B. Rahmat, D. Mulyosari, A. A. Purwanto, and W. Widiyanto, "PENGARUH POSISI SAMBUNGAN KONSTRUKSI KAYU TERHADAP DEDAIN PRODUK MEDEL BERBAHAN DASAR KAYU," *Jurnal Kreatif: Desain Produk Industri dan Arsitektur*, vol. 11, no. 1, p. 8, Feb. 2023, doi: 10.46964/jkdpia.v11i1.336.
- [3] M. I. Syafii and B. Sabariman, "Pengaruh Variasi Panjang Sambungan Bibir Lurus dan Baut pada Kuat Lentur Balok Bambu Petung Laminasi," *Jurnal REKATS Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 7, pp. 1–6, 2019.
- [4] A. N. Tankut and N. Tankut, "The Effects of Joint Forms (Shape) and Dimensions on the The Effects of Joint Forms (Shape) and Dimensions on the Strengths of Mortise and Tenon Joints Strengths of Mortise and Tenon Joints," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 29, no. 6, pp. 493–498, 2005.
- [5] J. Oktatee, G. Ebrahimi, M. Layeghi, M. Ghofrani, and C. A. Eckelman, "Bending moment capacity of simple and haunched mortise and tenon furniture joints under tension and compression loads," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 38, no. 2, pp. 291–297, 2014, doi: 10.3906/tar-1211-74.
- [6] Z. Li, A. Kitamori, X. Zhang, Y. Wu, L. Zhang, and J. Xue, "Analytical investigation on the rotational behavior of dovetail mortise–tenon joints between beams and columns in traditional Chinese timber frames," *Journal of Wood Science*, vol. 70, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s10086-024-02162-0.
- [7] Q. Xie, B. Zhang, L. Zhang, T. Guo, and Y. Wu, "Normal contact performance of mortise and tenon joint: theoretical analysis and numerical simulation," *Journal of Wood Science*, vol. 67, no. 1,

- Dec. 2021, doi: 10.1186/s10086-021-01963-x.
- [8] L. V. C. de Souza *et al.*, "Wood Quality of Young *Tectona grandis* L. f. Trees and Its Relationship with Genetic Material and Planting Site in Mato Grosso, Brazil," *Forests*, vol. 15, no. 5, May 2024, doi: 10.3390/f15050860.
- [9] L. Elek, Z. Kovács, L. Csóka, and C. Agarwal, "Evaluation of the effect of optimal fit criteria on the compressive strength of open mortise and tenon corner joints," *European Journal of Wood and Wood Products*, vol. 78, no. 2, pp. 351–363, Mar. 2020, doi: 10.1007/s00107-020-01509-w.
- [10] C. M. Campos *et al.*, "Radial Variation in Colorimetric Parameters, Chemical Composition, and Biological Resistance of Teak Wood Extracted from 13- and 22-Year-Old Teak Trees," *Forests*, vol. 16, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.3390/f16010177.
- [11] S. Bas, L. Denes, and C. Csiha, "Mechanical Properties of Furniture Joints Using Loose Tenons and Connectors," *Forests*, vol. 15, no. 2, Feb. 2024, doi: 10.3390/f15020343.
- [12] Z. Fu, J. Chen, Y. Zhang, F. Xie, and Y. Lu, "Review on Wood Deformation and Cracking during Moisture Loss," Aug. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/polym15153295.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-6848-2002 tentang Pengujian Berat Jenis Batang Kayu dan Kayu Struktur Bangunan," Jakarta, 2002.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7973:2013 tentang Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu," Jakarta, 2013. [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [15] A. Kasal, J. Smardzewski, T. Kuşkun, and Y. Ziya Erdil, "Numerical Analyses of Various Sizes of Mortise and Tenon Furniture Joints," *Bioresources*, vol. 11, no. 3, pp. 6836–6853, 2016.