



## THE QUALITY BONDING OF SEMBILANG BAMBOO (*Dendrocalamus giganteus* Munro) USING ISOCYANATE ADHESIVE

Ajeng Rahmawati<sup>1)</sup>, Ina Lidiawati<sup>1)</sup>, Kustin Bintani Meiganati<sup>1)\*</sup> dan Ignasia Maria Sulastiningsih<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Kehutanan, Kehutanan dan Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa,

Jl. KH Sholeh Iskandar KM 4, Bogor, 16166, Indonesia;

<sup>2)</sup>Badan Riset dan Inovasi Indonesia,

Jl. Raya Bogor-Jakarta KM 46, Cibinong, Kabupaten Bogor, 16911, Indonesia;

### ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 Sep 2025,

Revised 03 Oct 2025,

Accepted 06 Oct 2025,

Available online 23 Oct 2025

Keywords:

- ✓ bambu
- ✓ bonding
- ✓ isocyanate
- ✓ quality
- ✓ sembilang

\*corresponding author:

[Kb1nt41n1.m31@gmail.com](mailto:Kb1nt41n1.m31@gmail.com)

Phone: +6285693948747;

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v15i3.901)

[15i3.901](https://doi.org/10.31938/jsn.v15i3.901)

### ABSTRACT

The increasing demand for wood-based products is not balanced by a sufficient timber supply, creating a need for alternative materials such as bamboo. *Dendrocalamus giganteus* Munro (bamboo sembilang) is a promising substitute; However, its inherent limitations require modification, particularly through lamination technology. Adhesion plays a crucial role in this process as it strongly affects surface wettability and bonding strength. One important factor in the conversion of bamboo into laminated boards is the adhesion process, as it significantly affects the wettability properties and bond strength. This study aimed to evaluate the wettability characteristics of bamboo sembilang and its bonding strength with isocyanate adhesive, considering the effects of surface orientation, adhesive spread rate, and pressing time. Wettability was assessed using the contact angle method and the Corrected Water Absorption Height (TAAT), while bonding strength was tested under dry and wet conditions. Results showed an average contact angle of  $33,40^\circ$  on the inner surface and  $35,14^\circ$  on the outer surface of bamboo, with a TAAT value of 103.51 mm, indicating good wettability. The average dry bonding strength was  $68.4 \text{ kg/cm}^2$ , meeting the JPIC (2007). These findings demonstrate that bamboo sembilang has strong potential as a raw material for laminated boards with reliable bonding performance when using isocyanate adhesive.

### ABSTRAK

#### Kualitas Perakatan Bambu Sembilang (*Dendrocalamus giganteus* Munro) Menggunakan Perekat Isosianat

Permintaan produk berbahan kayu yang terus meningkat tiap tahunnya tidak seimbang dengan ketersediaan kayu, sehingga diperlukan material alternatif seperti bambu. Bambu sembilang (*Dendrocalamus giganteus* Munro) memiliki potensi sebagai bahan substitusi, namun sifat alaminya yang kurang stabil memerlukan modifikasi, salah satunya melalui teknologi laminasi. Perakatan memegang peranan penting dalam proses ini karena berpengaruh terhadap keterbasahan permukaan dan keteguhan rekat. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sifat keterbasahan bambu sembilang serta keteguhan rekatnya menggunakan perekat isosianat dengan mempertimbangkan faktor bilah muka bambu, berat labur perekat, dan waktu pengempaan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Produk Kayu Majemuk, Pusat Standardisasi Instrumen Pengelolaan Hutan Berkelanjutan, Bogor. Uji keterbasahan dilakukan dengan metode Sudut Kontak dan Tinggi Air Absorpsi Terkoreksi (TAAT), sedangkan keteguhan rekat dan kerusakan bambu dilakukan dengan uji kering dan uji basah. Hasil pengujian menunjukkan sudut kontak rata-rata sebesar  $33,40^\circ$  pada permukaan dalam dan  $35,14^\circ$  pada permukaan luar, sedangkan nilai TAAT mencapai 103,51 mm, yang mengindikasikan keterbasahan yang baik. Keteguhan rekat pada kondisi kering rata-rata sebesar  $68,4 \text{ kg/cm}^2$ , memenuhi standar JPIC (2007). Temuan ini membuktikan bahwa bambu sembilang berpotensi sebagai bahan baku papan laminasi dengan kualitas perakatan yang baik menggunakan perekat isosianat.

Kata kunci : bambu, isosianat, kualitas, perakatan, sembilang



## PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan kayu terus meningkat setiap tahun, sementara pertumbuhan hutan tidak sebanding dengan laju konsumsi kayu. Kondisi ini mendorong pencarian bahan alternatif yang dapat menggantikan fungsi kayu. Menurut Arsyad (2015), salah satu alternatif tersebut adalah tanaman dengan kandungan lignoselulosa, seperti bambu. Bambu laminasi memiliki berat jenis 0,6368 – 0,7316 gr/cm<sup>3</sup> (Arifin dkk, 2017). Berat jenis ini setara dengan berat jenis kayu jati, masuk kelas kuat II (Martawijaya et al., 2005). Bambu memiliki laju pertumbuhan yang cepat, kekuatan tarik yang tinggi (Febrianto, 2012), mudah ditanam, tanpa perawatan intensif, serta mampu meningkatkan kesuburan tanah dan kualitas air. Meskipun memiliki banyak kelebihan, bambu juga memiliki keterbatasan, misalnya keberadaan ruas dan nodia pada bagian dalam batang yang dapat mengurangi homogenitas dan kerapatan bila digunakan langsung sebagai bahan papan (Arifin et al., 2017). Salah satu solusi untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah teknologi laminasi, yaitu pengolahan bambu menjadi papan laminasi dengan cara memipihkan bilah bambu, kemudian merekatkannya menggunakan perekat. Produk bambu laminasi terbukti lebih kuat, stabil, dan memiliki nilai estetika lebih baik dibandingkan bambu yang belum diolah, sehingga potensial digunakan sebagai bahan konstruksi maupun furnitur (Arsyad, 2015; Wulandari et al., 2023).

Faktor yang paling menentukan dalam proses pembuatan papan laminasi adalah perakatan (Supriadi et al., 2017). Keberhasilan perakatan sangat dipengaruhi oleh sifat keterbasahan permukaan bambu, yaitu kemampuan permukaan untuk berinteraksi dengan cairan perekat (Marra, 2015; Yuningsih, 2017). Keterbasahan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berhubungan dengan perekat (tegangan permukaan, suhu, kekentalan) dan kayu (kerapatan, porositas, ekstraktif). Kayu-kayu yang berkerapatan rendah (porositasnya tinggi) menjadi lebih baik untuk dibasahi, sedangkan ekstraktif dalam jumlah berlebihan atau ekstraktif nonpolar seperti terpena dan asam lemak mempunyai pengaruh yang kurang baik (Ruhendi et al., 2007). Isosianat merupakan bahan kimia yang mudah bereaksi dengan bahan lain yang

memberikan efek lentur tapi kuat secara bersamaan. Isosianat memiliki kekentalan yang rendah, dapat dilarutkan dengan berbagai larutan termasuk air.

Penelitian sebelumnya menunjukkan variasi keterbasahan antar jenis bambu; misalnya bambu kuning memiliki nilai TAAT 47,95 cm, bambu betung 42,63 cm, dan bambu hitam 37,70 cm (Ayuningtyas et al., 2018). Hal ini menunjukkan perlunya kajian lebih lanjut pada jenis bambu lain, termasuk bambu sembilang (*Dendrocalamus giganteus* Munro). Selain sifat keterbasahan, keteguhan rekat juga merupakan parameter penting dalam menilai kualitas papan laminasi. Penelitian Sulastiningsih et al. (2013) menunjukkan bahwa rekatan bambu andong dengan perekat isosianat memiliki performa yang baik, sehingga perekat ini potensial diaplikasikan pada jenis bambu lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi keterbasahan dan keteguhan rekat bambu sembilang menggunakan perekat isosianat, dengan mempertimbangkan faktor bilah muka bambu, berat labur perekat, dan waktu pengempaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat keterbasahan bambu sembilang terhadap perekat isosianat dan mengevaluasi keteguhan rekat dan kerusakan bambu sembilang berdasarkan faktor bilah muka, berat labur perekat, dan waktu pengempaan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Penelitian mengenai keteguhan rekat bambu sembilang ini dilakukan dengan menggunakan berbagai alat dan bahan yang mendukung setiap tahapan proses pengujian. Pemilihan alat disesuaikan dengan kebutuhan untuk memperoleh hasil yang akurat, mulai dari tahap persiapan bilah bambu, proses penyerutan dan pemotongan, hingga pengujian keteguhan rekat menggunakan mesin uji. Sementara itu, bahan yang digunakan meliputi bilah bambu sembilang sebagai bahan utama, perekat sebagai media penyambung, serta bahan tambahan untuk proses pengawetan dan pengujian pendukung. Rincian alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada *Table 1* dan *Table 2* berikut.

Tabel 1. Alat Penelitian Keteguhan Rekat Bambu Sembilang

**Table 1. Research Tool for the Adhesion Strength of Sembilang Bamboo**

No.	Alat	Kegunaan
1	Kempa manual	Memberikan tekanan pada contoh uji.
2	Mesin penyerutan	Menghaluskan permukaan bilah bambu.
3	Gergaji	Memotong bilah bambu.
4	Mesin pembelah bamboo	Membelah bambu menjadi bilah (lebar 2,5 cm).
5	Mesin UTM manual	Menguji keteguhan rekat bambu.
6	Timbangan elektrik	Menghitung berat partikel bambu dan berat bilah bambu.
7	Pipa kaca	Menguji serbuk bambu pada metode TAAT
8	Saringan 45 mesh	Menyaring serbuk bambu untuk uji TAAT
9	Dino lite (USB camera)	Merekam tetesan cairan pada uji CSK
10	Caliper digital	Mengukur panjang, lebar, diameter dan ketebalan bidang
11	Pipet mikro dan statip	Meneteskan cairan pada bilah bambu (uji CSK)

Tabel 2. Bahan Penelitian Keteguhan Rekat Bambu Sembilang

**Table 2. Research Material on the Bonding Strength of Sembilang Bamboo**

No.	Bahan	Kegunaan
1	Bilah bambu sembilang	Bahan baku penelitian
2	Boraks dan boric acid	Mengawetkan bambu.
3	Perekat isosianat	Merekatkan bambu dan pengujian keteguhan rekat
4	Kapas	Menyumpal salah satu lubang pipa kaca
5	Kain Kasa	Menahan kapas yang disumpalkan ke pipa kaca
6	Ampelas	Menghaluskan permukaan bilah bamboo

## Metode

Prosedur penelitian ini ada 7 tahap, tahapan tersebut mulai dari persiapan bahan baku sampai analisis data.

### Persiapan bahan baku.

Bambu sembilang dipotong memanjang dengan ukuran 125 x 2,5 cm per bilahnya. Bilah bambu kemudian diserut.

### Pengawetan bambu.

Bilah bambu yang telah diserut diawetkan dengan boraks dan boric acid 7% dengan cara perendaman selama 2 jam kemudian dikeringkan dengan sinar matahari hingga kadar airnya mencapai 12%. Bilah bambu yang sudah kering kemudian dipotong lagi untuk mendapatkan panjang 30 cm.

### Uji Keterbasahan.

#### Metode Cosinus Sudut Kontak (CSK)

Bambu dipotong dengan ukuran 10 x 2,5 x 0,5 cm. Bambu ditetaskan aquades menggunakan mikropipet pada berbagai tipe permukaan bambu peting (muka luar atau muka dalam). Jumlah tetesan aquades adalah  $\pm 0,5$  mL. Tetesan tersebut direkam menggunakan kamera USB dino-lite memiliki lensa yang dapat mencapai perbesaran

40 kali. Perekaman dilakukan selama  $\pm 10$  menit dengan pengambilan gambar (*screenshot*) setiap 5 detik untuk mendapatkan sudut penyerapan aquades pada permukaan bambu sembilang. Sampel contoh Uji CSK pada *Figure 1* dan *2*.



Gambar 1. Sampel Uji CSK.  
**Figure 1. CSK Test Sample**



Gambar 2. Perekaman dengan dino-lite.  
**Figure 2. Recording with a Dino-Lite.**

Pengujian keterbasahan dengan metode sudut kontak diolah menggunakan *software image*. Ilustrasi sudut kontak disajikan pada *Figure 3*.



Sumber: Cahyono et al. (2017)

Gambar 3. Pengukuran Sudut Kontak  
*Figure 3. Contact Angle Measurement*

#### Metode Tinggi Air Absorpsi Terkoreksi (TAAT)

Sampel pengujian keterbasahan metode TAAT dalam penelitian ini mengikuti prosedur Sucipto dan Ruhendi (2012). Bambu yang sudah diawetkan, diserut menjadi ukuran partikel menggunakan mesin penyerutan. Selanjutnya partikel disaring menggunakan saringan ukuran 45 mesh, kemudian partikel bambu dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam. Partikel yang telah dikeringkan dan dikondisikan kemudian dimasukkan ke pipa kaca (panjang ±70 cm, diameter dalam pipa ±0,5 cm) yang ujungnya telah disumpal kapas dan kain kasa. Pipa kaca yang digunakan adalah pipa yang kedua ujungnya terbuka. Partikel bambu dimasukkan hingga tinggi partikel dalam pipa mencapai 50 cm. Pengujian dilakukan sebanyak 5 (lima) kali ulangan. Partikel bambu di dalam pipa pada *Figure 4*.

Pipa berisi partikel bambu kemudian diletakkan dengan posisi tegak pada *waterbath* berisi aquades selama 48 jam dengan waktu pengamatan setiap 24 jam dengan tujuan untuk melihat tinggi serapan air pada serbuk partikel bambu. Perhitungan nilai TAAT untuk sifat keterbasahannya mengacu pada rumus Bodig (2015) yaitu sebagai berikut:

$$TAAT = h_1 \frac{d^2 \pi h_2}{4 w s}$$

Keterangan:

TAAT = Tinggi Air Absorpsi Terkoreksi (mm)

$h_1$  = Tinggi penyerapan air (cm)

$d^2$  = diameter bagian dalam pipa kaca (cm)

$\pi = 22/7$  atau 3,14

$h_2$  = Tinggi partikel dalam tabung kaca (cm)

$w$  = berat kering oven partikel (g)

$s$  = volume jenis air (cm<sup>3</sup>/g)



Gambar 4. Partikel Bambu di Dalam Pipa.  
*Figure 4. Bamboo Particles Inside the Pipe*

#### Persiapan Sampel Uji Kadar Air dan Kerapatan

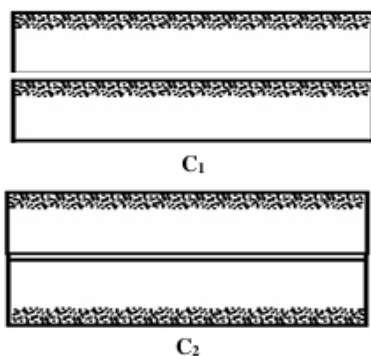
Bilah bambu yang telah dipotong dengan panjang 10×2,5×0,5 cm ditimbang berat awal dan diukur dimensinya sebelum dioven, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Selanjutnya ditimbang untuk mendapatkan berat kering tanur. Pengukuran panjang, lebar dan tebal sampel menggunakan digital caliper. Pengujian dilakukan sebanyak 6 (enam) kali ulangan.

#### Persiapan Sampel Uji Keteguhan Rekat Bambu

Bilah bambu ukuran 30×2,5×0,5 cm dilaburi perekat isosianat sejajar serat dengan berat labur 200 g/m<sup>2</sup>, 250 g/m<sup>2</sup> dan 300 g/m<sup>2</sup>. Kemudian, bilah tersebut dikempa menggunakan kempa manual pada suhu kamar selama 1 jam dan 2 jam. Bilah bambu untuk pengujian keteguhan rekat sebanyak 36 pasang. Perlakuan bilah muka bambu, berat labur dan waktu pengempaan adalah sebagai berikut:

- Perlakuan berat labur perekat (200 g/m<sup>2</sup>, 250 g/m<sup>2</sup> dan 300 g/m<sup>2</sup>)

- Perlakuan waktu pengempaan (1 jam dan 2 jam)
- Perlakuan muka bilah: dalam - dalam; dalam - luar seperti *Figure 5*.
- Masing-masing dilakukan pengulangan sebanyak 3 (tiga) kali
- Pengujian dilakukan untuk uji geser kering dan uji geser basah

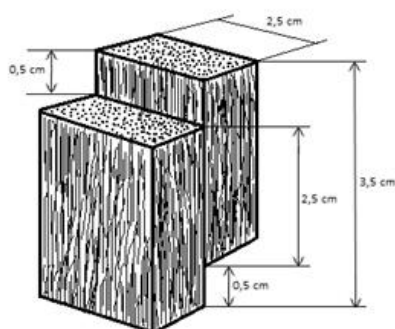


Sumber: Sulastiningsih et al. (2013)

Gambar 5. Posisi Perekatan Bilah Bambu; C1: Permukaan dalam-luar; C2: Permukaan dalam-dalam.

**Figure 5.** Position of Bamboo Strip Adhesion; C1: Inner-outer surface; C2: Inner-inner surface.

Bambu laminasi dipotong masing-masing berukuran 3,5 x 2,5 cm dengan ukuran bidang rekatnya menjadi 2,5 x 2,5 cm. Bambu laminasi yang dimodifikasi tersebut untuk uji keteguhan rekat, seperti pada *Figure 6*.



Sumber: Sulastiningsih et al. (2013)

Gambar 6. Contoh Uji Keteguhan Rekat  
**Figure 6.** Example of Adhesion Strength Test

### Pengujian

#### Kadar Air dan Kerapatan Bambu

Nilai kadar air dan kerapatan dapat dihitung menggunakan rumus Haygreen dan Bowyer (2015) sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat awal (g)} - \text{Berat kering oven (g)}}{\text{Berat kering oven (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat kering udara (g)}}{\text{Volume kering udara (cm}^3\text{)}}$$

#### Keteguhan Rekat dan Persentase Kerusakan Bambu

Pengujian keteguhan rekat mengacu pada Standar Jepang JPIC (2007). Ukuran contoh uji keteguhan rekat tercantum pada Gambar 14. Keteguhan rekat bambu sembilang dinyatakan baik apabila nilainya  $\geq 55 \text{ kg/cm}^2$  dan persentase kerusakan bambu  $\geq 70\%$ , Nilai keteguhan rekat dan kerusakan bambu dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Keteguhan Rekat (kg/cm}^2\text{)} = \frac{B}{P \times L}$$

Keterangan:

B = Beban(kg)

P = Panjang bidang geser (cm)

L = Lebar bidang geser (cm)

$$\text{Kerusakan Bambu (\%)} = \frac{LK}{Lb} \times 100\%$$

Keterangan:

LK = Luas kerusakan bambu pada bidang geser (cm<sup>2</sup>)

Lb = Luas bidang geser (cm<sup>2</sup>)

#### Analisis Data

Penelitian dirancang menggunakan rancangan acak lengkap faktorial 2 x 2 x 3 dengan 3 (tiga) kali ulangan. Model persamaam:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

$Y_{ijk}$  = Hasil pengamatan untuk factor A taraf ke-i, faktor B pada taraf ke-j, dan faktor C taraf ke-k

M = Nilai tengah umum

$\alpha_i$  = Pengaruh faktor A pada taraf ke-i

$\beta_j$  = Pengaruh faktor B pada taraf ke-j

$\gamma_k$  = Pengaruh faktor C pada taraf ke-k

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi faktor A pada taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Pengaruh interaksi faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j, dan faktor C taraf ke-k

$\varepsilon_{ijk}$  = Pengaruh acak (galat percobaan)

Kombinasi percobaan faktorial dapat dilihat pada *Table 3*.

Tabel 3. Kombinasi Percobaan Faktorial Keteguhan Rekat.

**Table 3. Factorial Experiment Combination of Adhesion Strength**

Sisi Pelaburan	Waktu Pengempaan	Berat Labur	Ulangan	Contoh Uji
Dalam-dalam (A1)	1 Jam (B1)	200 g/m <sup>2</sup> (C1)	Ulangan 1 (U1)	A1B1C1U1
			Ulangan 2 (U2)	A1B1C1U2
			Ulangan 3 (U3)	A1B1C1U3
		250 g/m <sup>2</sup> (C2)	Ulangan 1 (U1)	A1B1C2U1
			Ulangan 2 (U2)	A1B1C2U2
			Ulangan 3 (U3)	A1B1C2U3
		300 g/m <sup>2</sup> (C3)	Ulangan 1 (U1)	A1B1C3U1
			Ulangan 2 (U2)	A1B1C3U2
			Ulangan 3 (U3)	A1B1C3U3
2 jam (B2)	200 g/m <sup>2</sup> (C1)	Ulangan 1 (U1)	A1B2C1U1	
		Ulangan 2 (U2)	A1B2C1U2	
		Ulangan 3 (U3)	A1B2C1U3	
	250 g/m <sup>2</sup> (C2)	Ulangan 1 (U1)	A1B2C2U1	
		Ulangan 2 (U2)	A1B2C2U2	
		Ulangan 3 (U3)	A1B2C2U3	
	300 g/m <sup>2</sup> (C3)	Ulangan 1 (U1)	A1B2C3U1	
		Ulangan 2 (U2)	A1B2C3U2	
		Ulangan 3 (U3)	A1B2C3U3	
Dalam – luar (A2)	1 Jam (B1)	200 g/m <sup>2</sup> (C1)	Ulangan 1 (U1)	A2B2C1U1
			Ulangan 2 (U2)	A2B2C1U2
			Ulangan 3 (U3)	A2B2C1U3
		250 g/m <sup>2</sup> (C2)	Ulangan 1 (U1)	A2B2C2U1
			Ulangan 2 (U2)	A2B2C2U2
			Ulangan 3 (U3)	A2B2C2U3
		300 g/m <sup>2</sup> (C3)	Ulangan 1 (U1)	A2B2C3U1
			Ulangan 2 (U2)	A2B2C3U2
			Ulangan 3 (U3)	A2B2C3U3
2 jam (B2)	200 g/m <sup>2</sup> (C1)	Ulangan 1 (U1)	A2B2C1U1	
		Ulangan 2 (U2)	A2B2C1U2	
		Ulangan 3 (U3)	A2B2C1U3	
	250 g/m <sup>2</sup> (C2)	Ulangan 1 (U1)	A2B2C2U1	
		Ulangan 2 (U2)	A2B2C2U2	
		Ulangan 3 (U3)	A2B2C2U3	
	300 g/m <sup>2</sup> (C3)	Ulangan 1 (U1)	A2B2C3U1	
		Ulangan 2 (U2)	A2B2C3U2	
		Ulangan 3 (U3)	A2B2C3U3	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji keterbasahan dan sifat fisik bambu

Hasil penelitian untuk menjawab tujuan pertama tentang keterbasahan bambu sembilang, keterbasahan bambu sembilang dilihat dengan 2 metode yaitu metode sudut kontak dan metode Tinggi Air Absorpsi Terkoreksi (TAAT). Sudut kontak bagian permukaan dalam rata-rata 33,40° sedangkan bagian permukaan luar rata-rata 35,14°. Menurut Yuan dan Lee (2015) sudut kontak merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk menganalisis keterbasahan kayu terhadap cairan. Nilai sudut kontak di atas 90° menunjukkan keterbasahan yang kurang baik.

Implikasinya adalah cairan akan sulit membasahi suatu permukaan. Mengacu pada pernyataan tersebut maka perekatan pada bambu sembilang menunjukkan sifat keterbasahan yang baik. Sudut kontak bagian permukaan luar lebih besar menunjukkan keterbasahannya lebih sulit dibandingkan permukaan dalam (Lestari et al, 2016). Hal tersebut karena bambu bagian luar memiliki kandungan silika yang menyebabkan tetesan cairan lebih lama tertahan dalam bentuk cembung atau sudut yang lebih besar, maknanya adalah bagian luar bambu akan lebih sulit dibasahi.

Sifat keterbasahan bambu juga dilihat dengan metode TAAT. hasil penelitian menunjukkan

bahwa nilai keterbasahan TAAT bambu sembilang rata-rata 103,51 mm. Keterbasahan ini terkait dengan nilai kadar air bambu sembilang yaitu 10,72% yang tergolong kering dan nilai kerapatannya 0,78 g/cm<sup>3</sup> yang tergolong rapat. Hal ini menunjukkan bahwa bambu sembilang lebih kering dan lebih padat, sehingga lebih sulit ditembus air atau keterbasahannya rendah.

### Uji Kualitas Rekat

Uji keteguhan rekat dari bambu sembilang secara keseluruhan dapat dilihat pada Table 4. Untuk melihat tinggi rendahnya keteguhan rekat dan kerusakan bambu sembilang ditampilkan pada *Figure 7* dan *8*.

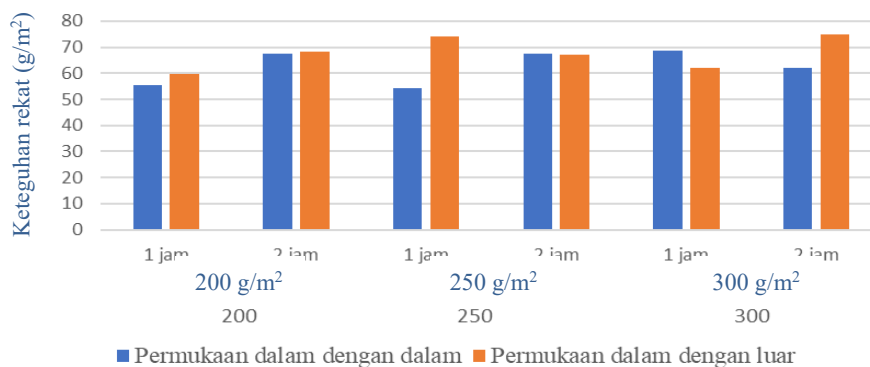
Tabel 4. Nilai Rata-rata Keteguhan Rekat dan Kerusakan Bambu Sembilang.

**Table 4.** Average Values of Adhesive Bond Strength and Damage of Sembilang Bamboo

Perlakuan	Permukaan Dalam-dalam					Permukaan Dalam-luar					
	Uji Kering		Rata-Rata	Uji Basah		Uji Kering		Rata-Rata	Uji Basah		
	KTR (kg/cm <sup>2</sup> )	KR (%)		KTR (kg/cm <sup>2</sup> )	KR (%)	KTR (kg/cm <sup>2</sup> )	KR (%)		KTR (kg/cm <sup>2</sup> )	KR (%)	
1 Jam	200g/m <sup>2</sup>	55,62	96	59,86	18,98	11	59,9	83	65,3	19,69	11
	250g/m <sup>2</sup>	55,4	87		17,15	13	74	87		14,65	2
	300g/m <sup>2</sup>	68,56	92		12,08	9	62	83		10,85	1
2 Jam	200g/m <sup>2</sup>	67,46	98	65,59	21,02	7	68,4	92	70,2	13,3	2
	250g/m <sup>2</sup>	67,37	100		19,45	7	67,3	91		14,43	0
	300g/m <sup>2</sup>	61,94	97		10,86	6	74,9	84		23,24	6
Rata-Rata	62,7	95		16,59	8,83	67,75	86,67		16,03	3,67	

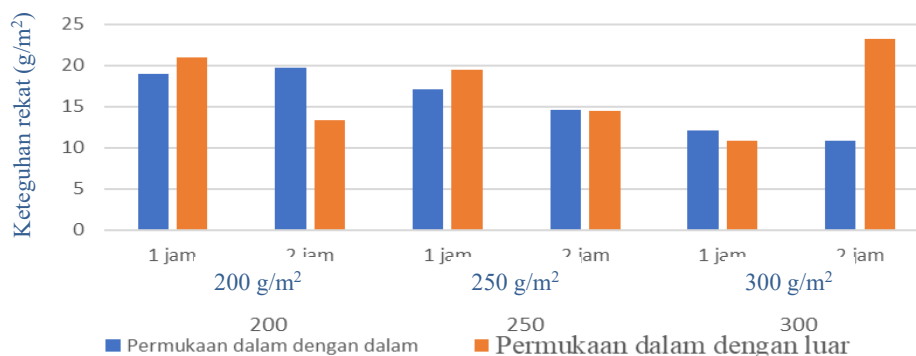
Keterangan: KTR : Keteguhan Rekat

KR : Kerusakan bambu.



Gambar 7. Histogram Keteguhan Rekat Bambu Sembilang Uji Kering.

**Figure 7.** Histogram Keteguhan Rekat Bambu Sembilang Uji Kering



Gambar 8. Histogram Keteguhan Rekat Bambu Sembilang Uji Basah.

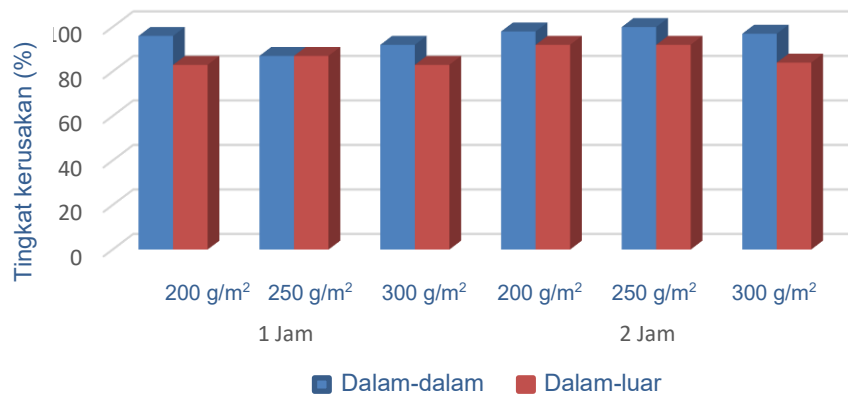
**Figure 8.** Histogram of Bamboo Sembilang Adhesion Strength Wet Test

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa secara rata-rata untuk uji kering permukaan dalam-dalam sebesar 62,7 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan permukaan dalam-luar sebesar 67,75 kg/cm<sup>2</sup>. Uji basah hasilnya lebih rendah yaitu untuk permukaan dalam-dalam rata-rata 16,59 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan untuk permukaan dalam-luar rata-rata 16,03 kg/cm<sup>2</sup>. Keteguhan rekat uji kering tertinggi adalah pada perlakuan sisi pelaburan dalam-luar, lama pengempaan 2 jam dengan berat labur 300 g/m<sup>2</sup>. Keteguhan rekat pada uji basah semua tidak memenuhi standar JPIC yaitu minimal 55 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga uji basah tidak direkomendasikan untuk semua perlakuan karena semuanya berada di bawah standar JPIC. Implementasinya bahwa laminasi bambu sembilang dengan perekat isosianat tidak sesuai untuk penggunaan yang langsung bersinggungan dengan air, atau eksterior.

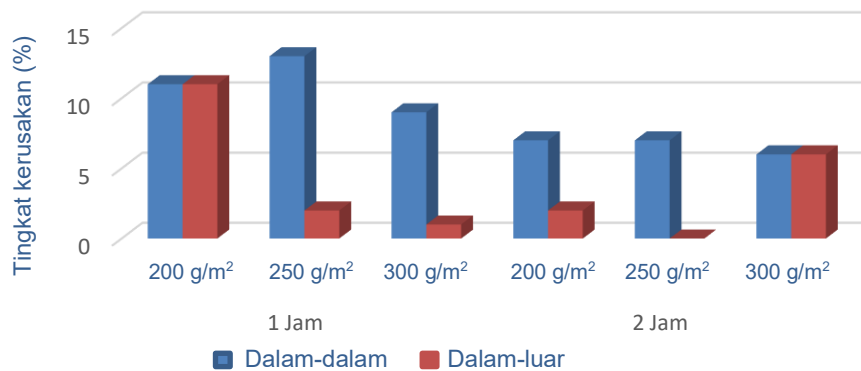
Kerusakan bambu lamina pada uji basah lebih rendah dibandingkan dengan uji kering, pada uji kering rata-rata 90,9% (*Figure 9*) sedangkan uji basah rata-rata 6,25% (*Figure 10*). Kerusakan bambu lamina berdasarkan standar

Jepang JPIC maksimal adalah 90%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada uji kering tidak semuanya memenuhi standar JPIC akan tetapi pada uji basah semuanya memenuhi standar JPIC. Jika daya rekat rendah maka kerusakan yang terjadi pada kayu akan rendah karena kayu yang tidak terikat dengan baik akan mudah lepas, sehingga tidak terjadi kerusakan pada kayu tersebut. Akan tetapi faktor keteguhan rekat pada lamina menjadi tolok ukur keberhasilan laminasi (Wulandari et al. 2021), sehingga uji basah tidak direkomendasikan dan tidak dilakukan uji ANOVA.

Perbedaan keteguhan rekat dan persen kerusakan diuji statistik untuk mengetahui apakah perbedaan tersebut berbeda nyata. Uji ANOVA dilakukan dengan 3 faktor yaitu faktor sisi perekatan (permukaan dalam-dalam dan permukaan dalam-luar), berat labur (200 kg/cm<sup>2</sup>, 250 kg/cm<sup>2</sup> dan 300 kg/cm<sup>2</sup>) dan faktor waktu pengempaan (1 jam dan 2 jam). Variabel yang diukur adalah keteguhan rekat dan kerusakan bambu pada uji geser. Hasil uji ANOVA ditampilkan pada *Table 5* dan *6*.



Gambar 9. Histogram Kerusakan Bambu Lamina Uji Kering  
*Figure 9. Histogram of Laminated Bamboo Damage in Dry Test*



Gambar 10. Histogram Kerusakan Bambu Lamina Uji Basah  
*Figure 10. Histogram of Laminated Bamboo Damage in Wet Test*

Tabel 5. Hasil Uji ANOVA Keteguhan Rekat Bambu Sembilang Uji Kering

**Table 5.** ANOVA Test Results of the Bonding Strength of Sembilang Bamboo in Dry Tests Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Keteguhan rekat Rekat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	463046.141 <sup>a</sup>	12	38587.178	246.498	.000
SisiPeleburan	730.756	1	730.756	4.668	<b>.033</b>
WaktuPengempaan	837.505	1	837.505	5.350	<b>.023</b>
BeratLaburPerekat	296.379	2	148.189	.947	.392
SisiPeleburan	*11.821	1	11.821	.076	.784
WaktuPengempaan					
SisiPeleburan	*272.948	2	136.474	.872	.421
BeratLaburPerekat					
WaktuPengempaan	*313.072	2	156.536	1.000	.372
BeratLaburPerekat					
SisiPeleburan	*1777.729	2	888.865	5.678	<b>.005</b>
WaktuPengempaan	*				
BeratLaburPerekat					
Error	15028.018	96	156.542		
Total	478074.159	108			

a. R Squared = .969 (Adjusted R Squared = .965)

Tabel 6. Uji Kerusakan Bambu Sembilang Pada Uji Kering.

**Table 6.** Damage Test of Sembilang Bamboo in Dry Test

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kerusakan Bambu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	894500.000 <sup>a</sup>	12	74541.667	384.731	.000
SisiPeleburan	1712.037	1	1712.037	8.836	<b>.004</b>
WaktuPengempaan	889.815	1	889.815	4.593	<b>.035</b>
BeratLaburPerekat	172.222	2	86.111	.444	.642
SisiPeleburan	* 23.148	1	23.148	.119	.730
WaktuPengempaan					
SisiPeleburan	* 179.630	2	89.815	.464	.630
BeratLaburPerekat					
WaktuPengempaan	* 168.519	2	84.259	.435	.649
BeratLaburPerekat					
SisiPeleburan	* 279.630	2	139.815	.722	.489
WaktuPengempaan	*				
BeratLaburPerekat					
Error	18600.000	96	193.750		
Total	913100.000	108			

a. R Squared = .980 (Adjusted R Squared = .977)

Uji ANOVA di atas menunjukkan bahwa 3 faktor yang diuji semua berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat isosianat pada taraf kepercayaan 0,05%. Hal ini menunjukkan bahwa sisi labur, berat labur dan lama pengempaan saling mempengaruhi secara bersama-sama. Kekuatan rekat akan berubah jika salah satu variabel diubah. Perubahan tersebut bisa naik atau turun,

tergantung dari perubahan variabel yang diterapkan. Formulasi permukaan dalam-luar-tekan 1 jam-berat labur 200 g/m<sup>2</sup> memberikan kekuatan lentur yang berbeda pada formulasi permukaan dalam-dalam-tekan 2 jam-berat labur 250 g/m<sup>2</sup> dan begitu seterusnya untuk formulasi-formulasi variabel yang diterapkan. Perubahan

kekuatan tekan tidak dapat dirumuskan karena tidak menunjukkan perubahan yang linier.

Interaksi yang terjadi semua menunjukkan berbeda nyata kecuali pada interaksi sisi pelaburan dan waktu pengempaan. Hal ini menunjukkan bahwa sisi pelaburan baik permukaan dalam-dalam maupun dalam-luar memiliki keteguhan rekat yang sama pada perbedaan lama waktu pengempaan. Hal ini diduga bahwa perbedaan kempa yang diujikan belum berpengaruh terhadap reaksi antara perekat dengan permukaan. Sedangkan interaksi antara waktu pengempaan dengan berat labur memberikan pengaruh nyata terhadap keteguhan rekat, hal ini diduga bahwa reaksi ikatan perekat semakin meningkat dengan perubahan waktu pengempaan. Selanjutnya uji ANOVA dilakukan untuk melihat tingkat kerusakan lamina pada uji kering, disajikan pada *Table 6*.

Hasil Uji ANOVA pada kerusakan bambu berbeda nyata pada 2 faktor yang diujikan, kecuali berat labur. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada bambu berbeda pada perbedaan berat laburnya. Hal ini diduga telah terjadi ikatan antara perekat dan bambu yang mengakibatkan semakin banyak bahan perekat, semakin besar tingkat kerusakannya. Akan tetapi pengaruh interaksi pada setiap 2 faktor perlakuan tidak berbeda nyata pada taraf 0,05% kecuali interaksi antara 3 faktor secara bersamaan. Hal ini menunjukkan bahwa sisi pelaburan, berat labur dan lama pengempaan secara bersama-sama mempengaruhi tingkat kerusakan bambu.

## KESIMPULAN

Sifat keterbasahan bambu sembilang tergolong cukup basah karena sudut kontak cosinusnya pada berbagai perlakuan lebih kecil dari 90° dan Tingkat Air Absorpsi Terkoreksinya (TAAT) 103,51 mm. Hal ini menunjukkan bahwa bambu sembilang memiliki tingkat absorpsi yang agak rendah akan tetapi memiliki sudut kontak cosinus yang rendah juga, artinya mudah untuk dibasahi oleh air akan tetapi daya serapnya rendah. Laminasi bambu sembilang memiliki keteguhan rekat yang cukup tinggi rata-rata dari semua perlakuan, menunjukkan nilai di atas standar JPIC pada uji kering. Sedangkan, uji basah semua perlakuan tidak memenuhi standar JPIC, oleh karenanya uji basah tidak direkomendasikan. Implikasi pada produk tidak dapat digunakan untuk pemakaian yang kontak langsung dengan air atau tidak untuk eksterior. Kerusakan yang

terjadi pada uji geser searah serat menunjukkan bahwa tidak semua memenuhi standar JPIC, yang memenuhi adalah berat labur 300 g/m<sup>2</sup> pada semua perlakuan dan pada pengempaan 2 jam, untuk semua perlakuan yang lainnya.

Rekomendasi dari penelitian ini adalah bambu laminasi dengan perekat isosianat tidak dapat digunakan untuk eksterior, berat labur yang direkomendasikan adalah 300 g/m<sup>2</sup> dengan sisi labur dalam-luar dan lama pengempaan 2 jam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Badan Standardisasi Pengelolaan Hutan Berkelanjutan khususnya Laboratorium Kayu Majemuk yang telah memberikan fasilitas penuh kepada peneliti sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Demikian juga terima kasih kepada dekan Fakultas Kehutanan yang memberikan ijin dan support system kepada peneliti sehingga penelitian ini dapat selesai pada akhirnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, F., Manik, P dan Siswoyo, S.J. (2017). Analisa Pengaruh Suhu Kempa dan Waktu Kempa Terhadap Kualitas Balok Laminasi Bambu Petung Untuk Komponen Konstruksi Kapal Kayu. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4):890-897.
- Arsyad, E. (2015). Teknologi Pengolahan dan Manfaat Bambu. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 7(1): 45-52.
- Ayuningtyas, C.A., Hidayat, W., Yuwono, S.B., Febryano, I.G. (2018). Keterbasahan Bambu Kuning, Bambu Hitam, dan Bambu Betung. *Seminar Nasional Hasil Penelitian "Diseminasi Hasil Penelitian dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan"*. Bandar Lampung.
- Bodig, J. (2015). Wetability Related to Gluabilities of Five Philippine Mahagonies. *Journal Forest Product*. 12(6), 265-270
- Cahyono, T. D., Wahyudi, I., Priadi, T., Febrianto, F., & Ohorella, S. (2017). Sudut Kontak dan Keterbasahan Dinamis Kayu Samama pada Berbagai Pengerjaan Kayu. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 209-216. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.3>

- Febrianto, F., Sahroni., Hidayat, W., Bakar, E.S., Kwon, G.J., Kwon, J.H., Hong, S.I. dan Kim, N.H. (2012). Properties of Oriented Strand Board Made from Betung Bamboo. *Journal Wood Science and Technology*, 46, 53-62.  
DOI: <https://doi.org/10.5658/WOOD.2017.45.6.872>
- Haygreen, J.G. dan Bowyer, J.L. (2015). *Forest Product and Wood Science, an Introduction*. Iowa State Amerika Serikat: University Press.
- Japan Plywood Inspection Corporation. (2007). *Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber*. JAS, MAFF, Notification No. 1152: 2007. Japan Plywood Inspection Corporation. Tokyo
- Lestari, A.T., Darmawan, I.W., Nandika, D. (2016). Pengaruh Kondisi Permukaan terhadap Daya Lekat Lapisan Pelindung. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*. 14(1), 11-22.  
DOI: <https://doi.org/10.51850/jitkt.v14i1.7>
- Marra, A. (2015). *Technology of Wood Bonding*. Van Nostrand Reihold. New York.
- Ruhendi, S., Koroh, D.N., Syamani, F.A., Yanti, H., Nurhaida, Saad, S. dan Sucipto, T. (2007). *Analisis Perekatan Kayu*. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sulastiningsih, L.M., Ruhendi, S., Massijaya, M.Y., Darmawan, W., Santoso, A. (2013). Respon Bambu Andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) terhadap Perakat Isosianat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 11(2), 140-152.  
DOI: <https://doi.org/10.51850/jitkt.v11i2.92.g89>
- Supriadi, A., Sulastiningsih, I.M dan Subyakto. (2017). Karakteristik Laminasi bambu pada Papan Jabon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(4), 263-272.  
DOI: [10.20886/jphh.2017.35.4.263-272](https://doi.org/10.20886/jphh.2017.35.4.263-272)
- Wulandari, F.T., Rini, D.S, Wahyuningsih, E dan Lestari, A.T. (2021). Pemanfaatan Papan Laminasi Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schult.f. Backer ex Heyne)) Sebagai Pengganti Kayu. *Jurnal Binawakya*, 15(8), 4897-4908.  
DOI: <https://doi.org/10.20527/jss.v6i6.11109>
- Wulandari, F.T., Dewi, N.P.E.L. dan Wangiyana, I.G.A.S. (2023). Analisis Sifat Fisika dan Mekanika Papan Laminasi Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* Roxb) dan Papan Laminasi Kayu Bayur (*Pterospermum javanicum*). *Journal of Forest Science Avicennia*, 6(01), 39-50.  
DOI: <https://doi.org/10.20527/jss.v6i6.11109>
- Yuan, Y. dan Lee, T.R. (2015). Contact Angle and Wetting Properties, Surface Science Techniques. *Journal Springer*, 51(1), 3-34.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-34243-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34243-1_1)
- Yuningsih, L. (2017). *Pengaruh Kekasaran Permukaan dan Kekentalan Bahan Cat Akrilik terhadap Keterbasahan pada Kayu Jati Rotasi Panjang dan Pendek [Skripsi]*. IPB. Bogor.