

## **PENGARUH BAHAN PENGAWET BORAKS DAN EKSTRAK TEMBAKAU TERHADAP PERILAKU REKATAN BAMBU LAMINASI PEREKAT POLYMER ISOCYANATE**

### ***Effect of Borax and Tobacco Extract Preservation on Bonding Behavior of Laminated Bamboo Using Polymer Isocyanate***

**I Wayan Avend Mahawan Sumawa, Ali Awaluddin, Inggar Septhia Irawati**

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,  
Jalan Grafika, Kampus No. 2, Senolowo, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta  
Surel: i.wayan.avend@ugm.ac.id, ali.awaludin@ugm.ac.id, inggar\_septhia@ugm.ac.id

Diterima: 10 Januari 2019; Disetujui: 24 Oktober 2019

#### **Abstrak**

*Bambu Petung (Dendrocalamus asper) dengan sifat mekanik yang dapat disejajarkan dengan kayu masih sangat rentan terserang organisme perusak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekaniknya, pola kerusakan bambu laminasi Petung pasca pengujian mekanik serta metode pengawetan yang efektif terkait dengan retensi pengawet. Penelitian mengacu pada Standar Nasional Indonesia dan American Standard Testing and Material dengan menguji retensi bahan pengawet, sifat fisik (kadar air dan kerapatan) serta sifat mekanik bambu laminasi (keteguhan geser perekat dan uji lentur) hingga benda uji mencapai pembebanan maksimum (failure). Hasil uji kemudian dibandingkan antara bambu sebelum dan setelah diawetkan yang kemudian dianalisis secara statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola kerusakan balok bambu laminasi cenderung mengalami kerusakan geser horizontal pada garis rekatnya (delaminasi). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan pengawetan memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap Penurunan keteguhan geser perekat.*

**Kata Kunci:** *Bambu laminasi, Boucherie-Morisco, rendaman panas, ekstrak tembakau, boraks*

#### **Abstract**

*Petung Bamboo (Dendrocalamus asper) with mechanical properties that can be aligned with wood is still very vulnerable to destructive organisms. This study aims to determine the physical properties, mechanical properties, damage patterns of Petung laminated bamboo after mechanical testing and effective preservation methods related to preservative retention. The study refers to the pada Standar Nasional Indonesia and American Standard Testing and Material by testing the retention of preservation, physical properties (moisture content and density) as well as the mechanical properties of laminated bamboo (adhesive shear strength and flexural test) until the test material reaches a maximum load (failure). The test results were then compared between bamboo before preserved with bamboo after being preserved with those analyzed statistically. The results showed that the damage pattern of laminated bamboo beams had horizontal shear damage on the adhesive line (delamination). The results of the statistical analysis showed that the preservation treatment had no significant effect on the decrease in adhesive shear strength.*

**Keywords:** *Laminated bamboo, Boucherie-Morisco, hot soaking, tobacco extract, boraks*

#### **PENDAHULUAN**

Bambu menjadi alternatif solusi pengganti kayu seiring dengan langkanya kayu yang masih cukup mudah didapatkan di alam (*sustainable material*) dengan sifat mekanis yang dapat disejajarkan dengan kayu, terutama kekuatan tariknya yang melebihi kekuatan tarik baja, yakni kuat tarik rata-rata bambu petung dalam keadaan kering oven sebesar 1900 kg/cm<sup>2</sup> (tanpa ruas) dan 1160 kg/cm<sup>2</sup> (dengan ruas) (pembanding adalah baja tulangan beton dengan tegangan luluh sekitar 2400 kg/cm<sup>2</sup>) (Morisco 1999).

Kekurangan dari segi bentuk bambu dapat diatasi dengan teknik laminasi, yaitu teknik menyusun beberapa lapis kayu atau bahan sejenis kayu direkatkan satu sama lain secara sempurna tanpa terjadi diskontinuitas (Arsina, Karyadi, dan Sutrisno 2009). Menjadikan bambu sebagai salah satu alternatif pengganti kayu konstruksi memiliki kendala lain, yakni bambu sangat mudah terserang organisme perusak. Masalah ini dapat diatasi dengan metode pengawetan, baik itu secara tradisional maupun modern menggunakan bahan pengawet kimia maupun alami (Siswanto et al. 2012). Menurut

Liese dalam Morisco (1999) bambu tanpa pengawetan hanya dapat bertahan 1-7 tahun, namun bambu yang telah diawetkan dapat bertahan hingga lebih dari 20 tahun terhadap serangan organisme perusak pada lingkungan ideal. Keberhasilan suatu bahan pengawet untuk mengatasi keawetan bahan tidak terlepas dari metode pengawetannya, salah satu metode pengawetan yang efektif dan umum untuk diaplikasikan pada bambu adalah metode rendaman dan metode Boucherie-Morisco.

Metode pengawetan dengan rendaman panas dengan memvariasikan konsentrasi bahan pengawet larutan ekstrak tembakau yaitu 100, 125, 150 dan 175 gram per satu liter air dan boraks konsentrasi 5% pada bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) dilakukan oleh Setyawati, Morisco, dan Prayitno (2009) pada proses uji keawetan bambu selama 28 hari bambu dengan pengawet boraks 5% paling besar menyebabkan mortalitas rayap, sedangkan ekstrak tembakau yang paling efektif adalah dengan konsentrasi 150 gr/liter yang menyebabkan mortalitas rayap kayu kering sebesar 61,33% dengan pengurangan berat hanya 1,87%. Sedangkan pengawetan menggunakan metode Boucherie-Morisco bambu Legi (*Gigantochloa atter*) dengan panjang 6 meter, tekanan yang diberikan adalah 4 kg/cm<sup>2</sup>, dengan variasi umur tebang bambu pada hari pertama, kedua dan ketiga. Hasil menunjukkan bahwa semakin dini bambu diproses, maka sap bambu yang keluar semakin banyak, ini mengindikasikan bahwa glukosa yang terangkut keluar juga semakin banyak (Morisco 1999). Demikian juga dengan pengawet boron plus konsentrasi 63% menggunakan metode pengawetan Boucherie-Morisco pada bambu Petung dapat menyebabkan mortalitas rayap hingga 60% dan mereduksi kehilangan berat hingga 4,64 % (Aini, Morisco, dan Anita 2009).

Bahan pengawet yang dimasukkan ke dalam bambu memiliki kemungkinan pengaruh yang cukup besar pada ikatan bahan perekat. Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh Setyawati et al. (2009) menggunakan pengawet boraks 5% dan ekstrak tembakau 150 gr/lit pada bambu Petung dengan metode pengawetan rendaman panas, balok laminasi mengalami penurunan sifat mekanik yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena sel-sel penyusun bambu akan semakin renggang dan akhirnya terurai bila bambu direndam dalam jangka waktu yang semakin lama. Kondisi hubungan antar sel bambu yang demikian akan menurunkan kekuatan bambu karena komponen utama penyusun bambu adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin (Fattah dan Ardhyanta 2013). Nikotin (*Nicotina tabacum Linn*) yang merupakan senyawa alkaloid dengan nama senyawa kimia 1-1-metil-2-2(3'-piridil) pirrolidin, memiliki massa jenis 1,009 dengan titik didih 247°C, yang terkandung dalam daun tembakau

menjadikannya salah satu pestisida alami dan insektisida paling awal yang direkomendasikan penggunaannya pada tahun 1763 sebagai pembasmi hama aphid pada tumbuh-tumbuhan, penelitian menggunakan ekstrak tembakau pada konsentrasi 150 gr/liter air dengan metode rendaman panas hingga 100°C pada bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) dapat mengakibatkan mortalitas rayap kayu kering sebesar 61,33% dengan pengurangan berat relatif kecil, yakni sebesar 1,87% (Setyawati, Morisco, dan Prayitno 2009)

Bahan perekat *polymer isocyanate* dengan nama merk dagang Koyobond KR 560 *Water base adhesive for wood* memiliki keunggulan dalam proses pengeras yang relatif cepat, namun dalam penggunaan sebagai perekat waktu pengerasan akan berpengaruh terhadap waktu proses pengerjaan. Bahan perekat ini terdiri dari dua bagian yakni *resin* dan *hardener*, dengan memvariasikan presentase takaran kadar *hardener* dengan *resin* berpengaruh terhadap kekuatan rekatnya, kadar *hardener* terhadap *resin* yang paling optimal adalah sebesar 10% (Eratodi 2010).

## METODE

Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) yang diambil di daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta kemudian sampel peneliti ambil untuk diuji kadar airnya. Bambu Petung yang telah dipanen sebagian diawetkan dengan metode Boucherie-Morisco menggunakan bahan pengawet ekstrak tembakau dan boraks dengan panjang 150 cm, sedangkan sisanya dibelah dan dihilangkan kulit luar dan dalamnya kemudian diawetkan dengan metode rendaman panas dengan menggunakan bahan pengawet yang sama. Proses pengawetan Boucherie-Morisco menggunakan tekanan untuk memaksa bahan pengawet memasuki bambu, proses pengawetan dihentikan ketika bahan pengawet terlihat keluar dari ujung bambu.

Sedangkan proses rendaman panas dilakukan dengan cara merebus bambu hingga mendidih dengan mempertahankan suhunya selama 1 jam. Bahan pengawet yang digunakan adalah boraks dengan nama produk BORAX PENTAHYDRATE dengan konsentrasi 5% dan ekstrak tembakau diambil dari limbah produksi di daerah sentra tembakau Desa Brajan Karang Dukuh, Jogolanan, Klaten, Jawa Tengah. Tembakau yang diekstrak merupakan sisa hasil produksi tidak dapat dimanfaatkan, sehingga harganya sangat murah dan mudah untuk didapatkan. Ekstrak tembakau diperoleh dengan cara merebus daun tembakau yang telah dirajang halus dalam air panas sampai mendidih selama kurang lebih 3 jam dengan konsentrasi 150

gram/liter air, kemudian disaring sehingga diperoleh larutan ekstrak daun tembakau di dalam air.

Setelah proses pengawetan bambu diuji retensi dan kadar airnya untuk memastikan sesuai dengan kadar air yang diisyaratkan untuk melakukan proses pembuatan bambu laminasi yakni 12%-14%. Proses pembuatan bambu laminasi dilakukan dengan metode kempa dingin (*cold press*) dengan perekat *Polymer Isocyanate* pada tekanan 2 MPa dan dipertahankan secara konstan kurang lebih 16 jam.

Pembuatan bambu laminasi dilakukan dengan merekatkan bilah bambu dengan lebar masing-masing 3 cm dan panjang 300 cm yang telah dihilangkan kulit luar dan dalamnya dengan perekat *Polimer Isocyanate* dengan merek dagang Koyobond-KR7800 yang diproduksi oleh PT. KOYOLEM INDONESIA-BOGOR. Bilah bambu yang direkatkan kemudian dikempa dingin dengan tekanan 2 MPa, lalu dibiarkan selama 4-6 jam dibawah sinar matahari.

Bambu laminasi yang telah jadi kemudian dipotong sedemikian rupa untuk memperoleh benda uji keteguhan geser perekat serta uji lentur sesuai dengan standar yang disyaratkan. Hasil uji dianalisis menggunakan software SPSS 2.0 yang terlebih dahulu dilakukan analisis statistik deskriptif dengan *Boxplot* untuk mengetahui data outlier maupun nilai ekstrim, analisis simpangan baku (*standard deviation*), serta koefisien varian (*coefficient of variance*) dan kemudian dilakukan *analysis of variance* (ANOVA) satu jalur atau *one-way ANOVA* untuk menilai adakah perbedaan rerata antara rata-rata hasil uji.

### Uji Retensi

Menurut SNI tentang Tata Cara Pengawetan Kayu Untuk Bangunan Rumah Dan Gedung, retensi adalah banyaknya bahan pengawet (formulasi) yang masuk ke dalam kayu, yang dinyatakan dalam satuan  $\text{kg/m}^3$ . Banyaknya benda uji untuk masing-masing perlakuan pengawetan adalah 30 benda uji (SNI 03-323 - 1992).

Pengujian retensi dilakukan secara fisik dengan memotong bilah bambu yang sama dengan benda uji untuk pengujian mekanik. Dimensinya yaitu 5 cm x 5 cm x t cm, yang kemudian ditimbang. Hasil retensi merupakan berat setelah diawetkan dikurangi dengan berat sebelum diawetkan dikalikan 100 %.

### Uji Sifat Fisika Bambu

Pada pengujian fisika bambu, kadar air dan kerapatan bambu akan diuji menggunakan standar ISO dengan ukuran benda uji 25 mm x 25 mm x t mm dengan 30 kali pengulangan (Janssen 2004).

### Uji Sifat Mekanik Bambu Laminasi

Pengujian sifat mekanik yang dilakukan dalam penelitian adalah uji keteguhan geser perekat dan kuat lentur balok bambu laminasi, dimana analisis hasil uji yang dilakukan adalah membandingkan bambu laminasi tanpa perlakuan pengawetan dan setelah diawetkan. Pengujian dilakukan secara destruktif menggunakan *flextural frame tester* merk *Wykeham France- England* dengan kapasitas beban maksimum 10 ton, beban yang diberikan diberikan dicatat oleh *load cell* dengan kapasitas 2000 kN, dibantu oleh LVDT 3" untuk mengetahui *deformasi* yang terjadi. Alat perekam data yg digunakan adalah *data logger* merk *Remote Data Logger TD-300S* buatan Jepang.

Pengujian keteguhan geser perekat menggunakan acuan ASTM, *Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading*. Tujuan metode pengujian ini adalah untuk menentukan kuat geser dari ikatan perekat pada perekatan kayu dan material sejenis. Pengujian dilakukan hingga pembebanan maksimum (*failure*) dengan benda uji sebanyak 12 kali untuk masing-masing perlakuan.

Benda uji lentur balok laminasi dibuat dengan menggunakan acuan standar SNI yang diuji dengan metode pembebanan satu titik hingga benda uji tidak dapat lagi menerima beban (*failure*). Dimensi benda uji adalah 50 mm x 50 mm x 760 mm yang seragam untuk masing-masing benda uji yakni sebanyak 12 kali. Dari pengujian kuat lentur, dilakukan identifikasi kerusakan yang terjadi, modulus elastisitas (MOE) serta tegangan lentur saat terjadi kerusakan balok laminasi (SNI 03-395 - 1995).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Sifat Fisik Bambu

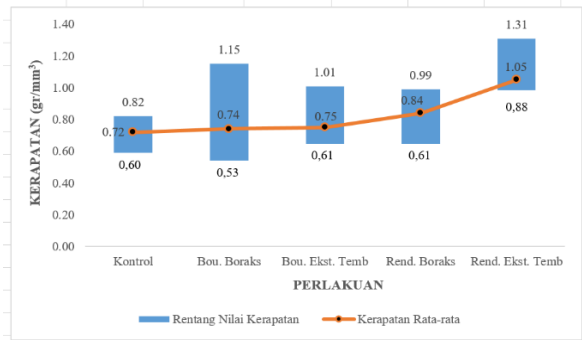
#### Uji kadar air

Nilai rata-rata hasil uji kadar air bambu Petung terlebih dahulu telah diseleksi data ekstrim dan outlier menggunakan metode *Boxplot*, hingga didapat nilai kadar air bambu rata-rata adalah sebesar 10,38%, yang artinya bambu mempunyai kadar air yang sesuai dengan kondisi kadar air kering udara untuk Indonesia yaitu maksimal sebesar 20%. Kadar air ini juga mengisyaratkan bahwa bambu siap untuk diawetkan dan dilakukan pengolahan menjadi bambu laminasi.

#### Uji Kerapatan Bambu

Setelah dilakukan eliminasi data ekstrim dan outlier dari hasil pengujian kerapatan bambu menggunakan metode *Boxplot* pada SPSS 2.0, maka didapatkan hasil rata-rata pengujian kerapatan bambu seperti

ditampilkan pada grafik yang disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1** Grafik Hasil Uji Kerapatan Bambu

Jika diamati nilai hasil pengujian kerapatan bambu sebelum dan setelah diawetkan tidak berbeda secara nyata, hanya terjadi sedikit peningkatan pada bambu setelah diberikan perlakuan pengawetan. Hal ini diduga karena bahan pengawet yang tertinggal di dalam bambu mengakibatkan berat kering tanur benda uji bambu dengan pengawetan lebih berat dibandingkan dengan tanpa pengawet.

Berdasarkan hasil pengukuran kerapatan bambu rata-rata yang diperoleh jika dibandingkan dengan SNI menunjukkan bahwa bambu tersebut masuk dalam kategori kerapatan sedang dan tinggi, dimana pada SNI dinyatakan bahwa, apabila kerapatan < 0,4 gr/cm<sup>3</sup> berakibat pada rendahnya kekuatan lentur dan patahnya, sedangkan apabila kerapatan > 0,8 gr/cm<sup>3</sup> akan meningkatkan nilai kekuatan mekanik dari bahan tersebut (SNI 01-624 - 2000). Analisis statistik deskriptif rata-rata hasil uji kerapatan bambu sebelum dan setelah diawetkan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Analisis Statistik Deskriptif Kerapatan Bambu Petung

Perlakuan Pengawetan	Rata-rata (mean)	Juml. Data (N)	Simp. Baku (Std. Deviasi)	Koef. Varian (%)
Kontrol	0,72	29	0,07	10,50
BB	0,74	25	0,12	17,16
BT	0,75	40	0,12	16,22
RB	0,84	38	0,12	13,70
RT	1,05	43	0,14	13,28

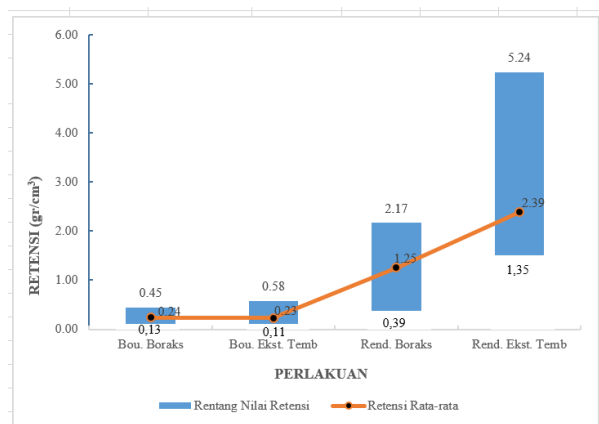
*Keterangan: Kontrol adalah nilai kerapatan bambu laminasi tanpa pengawetan, BB adalah nilai kerapatan rata-rata bambu menggunakan metode pengawetan Boucherie-Morisco dengan bahan pengawet Boraks, BT adalah Boucherie-Morisco bahan pengawet ekstrak tembakau, RB adalah metode pengawetan rendaman panas dengan bahan pengawet Boraks, RT adalah rendaman panas dengan bahan pengawet ekstrak tembakau.*

Tabel 1 menunjukkan analisis deskriptif hasil pengujian kerapatan bambu Petung sebelum pengawetan adalah 0,72 gr/cm<sup>3</sup> dari 29 buah sampel uji dengan simpangan baku yang kecil yakni 0,07 mengindikasikan bahwa tingkat sebaran datanya mendekati nilai rata-rata karena kurang dari 30% nilai *mean*. Nilai rata-rata kerapatan bambu Petung setelah diawetkan dengan metode Boucherie-Morisco menggunakan bahan pengawet boraks adalah 0,74 gr/cm<sup>3</sup> dari 25 benda uji dengan simpangan baku yang masih relatif kecil yaitu 0,12 (< 30% *mean*) yang mengindikasikan sebaran datanya juga mendekati nilai rata-ratanya, begitu juga dengan nilai kerapatan rata-rata dari bambu yang diawetkan dengan ekstrak tembakau dari 40 benda uji, kerapatan rata-ratanya adalah 0,75 gr/cm<sup>3</sup> dengan simpangan baku yang juga relatif kecil yaitu 0,122 (< 30% *mean*). Kerapatan rata-rata bambu setelah diawetkan dengan metode rendaman panas menggunakan bahan pengawet boraks adalah 0,84 dari 38 benda uji simpangan baku sebesar 0,12 juga lebih kecil dari 30% *mean*, dan kerapatan rata-rata bambu setelah diawetkan dengan metode rendaman panas menggunakan bahan pengawet ekstrak tembakau adalah 1,05 gr/cm<sup>3</sup> dari 43 benda uji dengan simpangan baku sebesar 0,140 yang juga lebih kecil dari 30% *mean*.

Koefisien varian data kerapatan rata-rata dari kelima jenis perlakuan, kerapatan rata-rata sebelum pengawetan merupakan koefisien varian terkecil dibandingkan dengan perlakuan lainnya, ini mengindikasikan bahwa variasi datanya paling seragam (*homogen*) jika dibandingkan dengan sebaran data lain.

**Uji retensi bambu**

Proses eliminasi data ekstrim dan outlier untuk hasil uji retensi bahan pengawet dilakukan menggunakan metode *Boxplot* dengan hasil uji disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Grafik Hasil Uji Retensi Bahan Pengawet

Jika diamati dari hasil pengujian retensi dengan metode Boucherie-Morisco memiliki nilai retensi rata-rata yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan metode rendaman panas hal ini diduga karena rentang waktu pemanenan bambu sampai dengan waktu pengawetan cukup lama yakni kurang lebih 45 hari, yang mengakibatkan sap bambu yang keluar tidak terlalu banyak sehingga bahan pengawet yang tertinggal didalam bambu relatif kecil yang berimbas pada retensi yang relatif kecil, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Morisco (1999) dimana semakin lama rentang waktu penebangan sampai dengan diawetkan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengawetkan. Nilai retensi dengan menggunakan metode rendaman panas menghasilkan nilai retensi yang cukup besar dibandingkan dengan metode Boucherie-Morisco, hal ini diduga karena pada metode ini bilah bambu yang diawetkan telah dihilangkan kulit luar dan dalamnya yang mengakibatkan penetrasi bahan pengawet dapat masuk melalui seluruh bagian bambu sehingga bahan pengawet yang tertinggal di dalam bambu cenderung lebih banyak.

Analisis statistik deskriptif rata-rata hasil uji kerapatan bambu sebelum dan setelah diawetkan disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Analisis Statistik Deskriptif Retensi Bambu Petung

Perlakuan Pengawetan	Rata-rata (mean)	Juml. Data (N)	Simp. Baku (Std. Deviasi)	Koef. Varian (%)
BB	0,24	26	0,11	48,02
BT	0,23	43	0,15	65,13
RB	1,25	33	0,55	44,06
RT	2,39	38	0,98	40,82

*Keterangan: BB adalah metode pengawetan Boucherie-Morisco dengan bahan pengawet Boraks, BT adalah Boucherie-Morisco bahan pengawet ekstrak tembakau, RB adalah metode pengawetan rendaman panas dengan bahan pengawet Boraks, RT adalah rendaman panas dengan bahan pengawet ekstrak tembakau.*

Retensi rata-rata bambu setelah diawetkan dengan metode rendaman panas menggunakan bahan pengawet boraks adalah 1,25 gr/cm<sup>3</sup> dari 33 benda uji dengan simpangan baku sebesar 0,55 juga lebih besar dari 30% mean, dan retensi rata-rata bambu setelah diawetkan dengan metode rendaman panas menggunakan bahan pengawet ekstrak tembakau adalah 2,39 gr/cm<sup>3</sup> dari 38 benda uji dengan standar deviasi sebesar 0,98 yang juga sedikit lebih besar dari 30% mean.

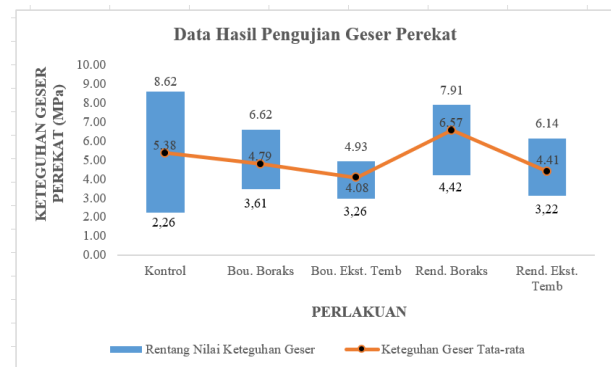
Koefisien varian data retensi rata-rata dari kelima jenis perlakuan memiliki nilai yang cukup besar

dengan nilai retensi rata-rata pengawetan dengan metode rendaman panas menggunakan bahan pengawet boraks memiliki nilai koefisien varian terkecil dibandingkan dengan perlakuan lainnya, ini mengindikasikan bahwa variasi datanya paling seragam (homogen) jika dibandingkan dengan sebaran data lain.

### Uji Sifat Mekanik Bambu Laminasi

#### Kuat geser perekat bambu laminasi

Perbedaan metode pengawetan dan jenis bahan pengawet yang dipergunakan mengakibatkan adanya perbedaan kekuatan geser perekat bambu laminasi pada masing perlakuan. Sebelum disajikan, nilai rata-rata pengujian kekuatan geser perekat bambu laminasi terlebih dahulu diseleksi data ekstrim dan outliernya menggunakan metode *Boxplot* pada SPSS 2.0. Nilai rata-rata hasil uji keteguhan geser perekat bambu laminasi sebelum dan setelah diawetkan disajikan Gambar 3.



**Gambar 3** Grafik Hasil Uji Keteguhan Geser Perekat Bambu Lamina

Dari Gambar 3 juga dapat diketahui bahwa nilai rata-rata kekuatan geser perekat pada bambu laminasi memiliki kecenderungan sedikit lebih rendah dari bambu laminasi tanpa diawetkan (kontrol) namun tidak berbeda signifikan. Hal ini, tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Aini, Morisco and Anita 2009), yang menyatakan bahwa bahan pengawet yang terdapat dalam bilah bambu dapat menghambat terbentuknya ikatan perekat yang sempurna sehingga kekuatan ikatan antar bilah bambu yang diberi perlakuan pengawetan lebih rendah dibandingkan dengan bilah bambu kontrol. Analisis statistik deskriptif rata-rata hasil uji keteguhan geser perekat bambu laminasi untuk masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai simpangan baku kekuatan geser bambu laminasi tanpa pengawetan adalah 2,25 MPa memiliki nilai simpangan baku data yang cukup besar (> 30% mean). Hal ini mengindikasikan bahwa sebaran datanya memiliki nilai variasi yang cukup beragam sehingga memiliki kecenderungan menjauhi nilai

rata-ratanya. Hal ini diduga disebabkan karena proses pembuatan benda uji yang tidak konstan, baik dari proses pengeleman sampai dengan pemberian tekanan saat proses pengempaan sehingga mengakibatkan kekuatan balok yang tidak seragam.

**Tabel 3** Analisis Statistik Deskriptif Kuat Geser Perekat Bambu Laminasi

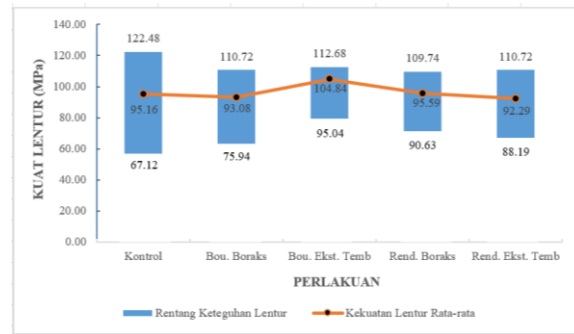
Perlakuan	Rata-rata (mean)	Juml. Data (N)	Simp. Baku (Std. Deviasi)	Koef. Varian (%)
Kontrol	5,38	9	2,25	41,84
BB	4,79	9	1,03	21,46
BT	4,08	9	0,53	12,95
RB	6,57	9	0,96	14,02
RT	4,41	9	1,05	23,80

*Keterangan: Kontrol nilai keteguhan geser bambu laminasi tanpa pengawetan, BB adalah dengan metode pengawetan Boucherie-Morisco dengan bahan pengawet Boraks, BT adalah Boucherie-Morisco bahan pengawet ekstrak tembakau, RB adalah metode pengawetan rendaman panas dengan bahan pengawet Boraks, RT adalah rendaman panas dengan bahan pengawet ekstrak tembakau.*

Nilai simpangan baku kekuatan geser bambu laminasi berturut-turut dari empat jenis perlakuan pengawetan adalah 1,03; 0,53; 0,95 dan 1,05 memiliki simpangan baku data yang relatif lebih kecil dari 30% mean yang artinya sebaran datanya memiliki nilai variasi yang lebih seragam. Koefisien varian data kuat geser perekat rata-rata dari kelima jenis perlakuan memiliki nilai yang cukup besar dengan nilai kuat geser perekat rata-rata pengawetan dengan metode Boucherie-Morisco menggunakan bahan pengawet ekstrak tembakau memiliki nilai koefisien varian terkecil dibandingkan dengan perlakuan lainnya, ini mengindikasikan bahwa variasi datanya paling seragam (homogen) jika dibandingkan dengan sebaran data lain.

**Tegangan lentur saat terjadi kerusakan balok laminasi**

Hasil analisa tegangan lentur dari balok laminasi setelah dilakukan eliminasi data menggunakan *Boxplot* disajikan pada Gambar 4. Dari grafik yang disajikan pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai tegangan lentur rata-rata balok laminasi yang diawetkan dengan metode Boucherie-Morisco dengan bahan pengawet ekstrak tembakau memiliki nilai yang paling tinggi, hal ini diduga karena adanya pengaruh dari konsentrasi tertentu dari larutan ekstrak tembakau yang mengandung *alkaloid* yang merupakan senyawa organik aktif yang mengandung unsur *nitrogen* (bersifat sedikit basa) yang dapat memperkuat struktur anatomi bambu, selain itu kekuatan ikatan antar bilah bambu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan balok laminasi (Setyawati, Morisco, dan Prayitno 2009).



**Gambar 4** Grafik Nilai Tegangan Lentur Bambu Laminasi

Selain itu kekuatan balok bambu laminasi tidak mutlak dipengaruhi oleh faktor konsentrasi larutan pengawet, tetapi juga dipengaruhi hal lainnya seperti letak nodia, variasi susunan bilah, dan lain-lain (Setyawati, Morisco, dan Prayitno 2009). Dari pengamatan saat pengujian kuat lentur, keruntuhan geser pada balok laminasi diantara perekatan lamina, balok laminasi mengalami kegagalan geser pada beban maksimum, pola kerusakan terjadi dimulai dengan retak di daerah pembebanan. Pada pembebanan berikutnya terjadi retak horisontal (*initial crack*) pada lapisan lamina, kemudian terjadi kegagalan geser pada garis perekat yang dimulai dari bagian tepi bentang ke tengah balok. Kegagalan geser yang terjadi pada balok bambu laminasi saat pengujian tersebut disebabkan oleh gelincir horisontal pada garis perekat antar lamina. Sehingga menyebabkan kekuatan balok bambu laminasi belum melampaui kekuatan bahan dasar bambu yang digunakan (SNI 03-395 - 1995). Dengan demikian kekuatan dan kekakuan balok bambu laminasi belum optimal dalam memikul beban maksimum.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aini et al. (2009) kuat lentur horisontal lebih rendah jika dibandingkan dengan kuat lentur vertikal, hal ini terjadi karena dari pengujian kuat lentur vertikal terlihat bahwa posisi bambu laminasi yang mengalami pembebanan lentur adalah posisi tebal bambu, sedangkan pada pengujian kuat lentur horisontal yang mengalami pembebanan pada posisi lebar bambu. Selain itu pada pengujian kuat lentur vertikal, susunan atau jumlah posisi tebal bambu lebih banyak daripada pengujian kuat lentur horisontal.

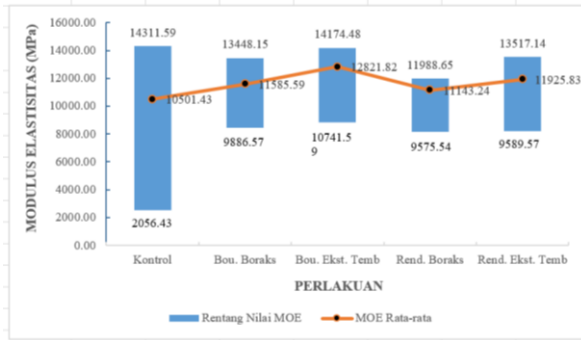
Maryanto dalam Darwis (2010), menyatakan bahwa penyimpangan letak retak geser balok laminasi horisontal kemungkinan juga disebabkan oleh rendahnya kekuatan bahan pada lokasi retak dibanding lapis-lapis yang lain karena kurang homogenitasnya bahan.

Menurut Nasriadi dalam Aini, dkk (Aini, Morisco, dan Anita 2009) peningkatan kuat lentur dan kuat geser

balok laminasi terjadi dengan berkurangnya susunan laminasi horizontal pada balok, semakin tinggi rasio laminasi vertikal maka kerusakan geser yang terjadi akan semakin kecil sehingga dapat meningkatkan kekuatan lentur balok laminasi.

**Modulus elastisitas (MOE)**

Hasil analisa MOE rata-rata dari balok laminasi disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5** Grafik Nilai Modulus Elastisitas Bambu Laminasi

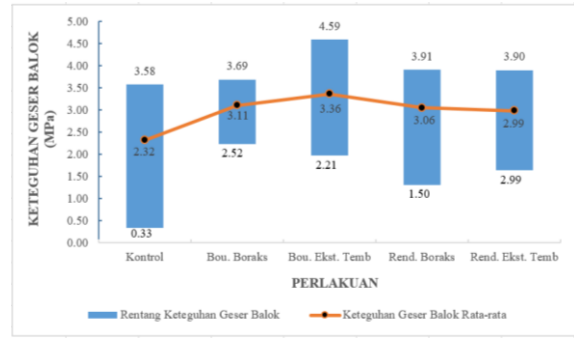
Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata MOE untuk masing-masing perlakuan tidak terpaut jauh yang artinya, perlakuan pengawetan yang diberikan tidak merusak struktur bambu sehingga modulus elastisitas balok laminasi dipengaruhi oleh sifat bambu, perekatan bilah dan keberadaan nodia pada balok bambu laminasi (Aini, Morisco, dan Anita 2009).

**Tegangan geser balok laminasi**

Pola kerusakan balok laminasi pada saat pengujian lentur hingga balok laminasi mengalami kegagalan ditargetkan mengalami kegagalan lentur, namun dari hasil pengamatan yang dilakukan, diketahui bahwa balok laminasi mengalami pola kegagalan geser horizontal. Kerusakan gagal geser horizontal berupa kerusakan pada garis rekat dan laminanya (*delaminasi*). Sehingga dilakukan analisa tegangan geser yang terjadi pada balok laminasi yang disajikan seperti Gambar 6.

Jika dilihat dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa dari nilai tegangan geser balok yang merata terjadi kerusakan geser yang cenderung seragam. Penelitian yang dilakukan oleh Yasin et al. (2016) mengenai variasi pengempaan yang diberikan pada balok laminasi sebesar 1,5, 2, dan 2,5 MPa, didapatkan nilai tegangan geser pada balok laminasi bambu Petung berturut-turut sebesar 3,74 MPa, 5,39 MPa dan 5,0 MPa. Dalam penelitian pengempaan yang diberikan pada balok laminasi adalah sebesar 2 MPa, namun nilai tegangan geser yang dihasilkan masih dibawah nilai tegangan geser yang diperoleh oleh (Yasin et al. 2016). Hal ini diduga karena tegangan geser maksimum balok belum tercapai karena terjadi

kegagalan geser perekat (*delaminasi*) yang disebabkan oleh tidak meratanya bagian permukaan bambu pada saat direkatkan. Saat pembuatan balok bambu laminasi, bilah bambu tidak melalui proses perataan (*planning*) sehingga permukaan bilah menjadi tidak rata, yang berimbas karena tidak meratanya tegangan yang diberikan pada saat pengempaan.



**Gambar 6** Grafik Analisis Tegangan Geser Pada Balok Laminasi

**Analisis statistik**

Analisis statistik yang dilakukan adalah mengetahui pengaruh pengawetan terhadap kuat geser bambu yang dianalisis menggunakan analisis varian satu jalur (*one way ANOVA*). Analisis varian dapat dilakukan, dengan syarat; data sampel diambil dari populasi yang berdistribusi normal atau dianggap normal, populasi tersebut mempunyai varian yang sama dan sampel tidak berhubungan atau saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya (*independen*). Sebelum dilakukan analisis varian, terlebih dahulu dilakukan analisis homogenitas varian (*homogeneity of variances test*). Dari Analisis homogenitas varian diketahui bahwa nilai signifikansi sebesar 0,11, karena nilai signifikansi diatas 0,05 ini yang berarti seluruh varian populasi adalah identik, sehingga analisis dapat dilanjutkan karena asumsi ANOVA telah terpenuhi. Analisis menggunakan ANOVA dilakukan untuk menguji apakah seluruh sampel memiliki rerata (*mean*) yang sama. Sebelum melangkah pada pengujian analisis varian terlebih dahulu disimpulkan hipotesis untuk analisis ini, yakni  $H_0 =$  seluruh perlakuan benda uji geser bambu laminasi memiliki rata-rata populasi yang identik dan  $H_1 =$  seluruh perlakuan benda uji geser bambu laminasi memiliki rata-rata populasi yang tidak identik.

Dari hasil analisis anova dapat diketahui bahwa nilai probabilitas dalam uji ANOVA menunjukkan bahwa hasil uji geser perekat bambu laminasi tidak berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai derajat kebebasan (*df*) didapat nilai  $F_{tabel}$  adalah 3,30 yang lebih besar dari  $F_{rasio}$  dengan nilai 1,01 dan nilai signifikansi yang relatif kecil yakni 0,38. Hal ini

berarti hipotesa 0 (Ho) yang berbunyi “seluruh perlakuan benda uji geser bambu laminasi memiliki rata-rata populasi yang identik” diterima, yang artinya perlakuan pengawetan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat geser bambu laminasi.

## KESIMPULAN

Hasil analisis statistik yang dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan pengawetan memiliki pengaruh yang tidak berbeda nyata/signifikan terhadap penurunan keteguhan geser perekat. Metode pengawetan yang efektif jika dilihat dari hasil uji retensi bahan pengawet adalah dengan metode pengawetan rendaman panas menggunakan bahan pengawet ekstrak tembakau.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini, antara lain, proses perataan sisi (*planning*) pada bilah bambu diperlukan agar permukaan bilah rata dan terbebas dari kulit. Dimensi bilah bambu laminasi hendaknya dibuat seragam, sehingga bambu laminasi dapat diasumsikan homogen. Pengujian mengenai penetrasi bahan pengawet, uji delaminasi serta uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) sebaiknya dilakukan untuk mengamati struktur mikro bambu setelah terinjeksi bahan pengawet lebih dalam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada almamater dimana penulis menempuh studi dan Balai Litbang Perumahan Wilayah II Denpasar, Badan Litbang Kementerian PUPR tempat penulis bekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Nurul, Morisco, dan Anita. 2009. “Pengaruh Pengawetan Terhadap Kekuatan Dan Keawetan Produk Laminasi Bambu.” *Civil Engineering Forum Teknik Sipil* 19 (1): 979–86.
- Arsina, Lezina, Karyadi, dan Sutrisno. 2009. “Pengaruh Rasio Bambu Petung dan Kayu Sengon terhadap Kapasitas Tekan Kolom Laminasi.” *Jurnal Teknologi dan Kejuruan* 32 (1): 71–79.
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. *Tata Cara Pengawetan Kayu Untuk Bangunan Rumah dan Gedung*. SNI 03-323. Jakarta: BSN.

- . 1995. *Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium*. SNI 03-395. Jakarta.
- . 2000. *Persyaratan Keteguhan Patah (MoR), Uji Delaminasi dan Kerapatan untuk Penggunaan Papan Lamina Struktural*. SNI 01-624. Jakarta: BSN.
- Darwis, Zulmahdi. 2010. “Kapasitas Geser Balok Bambu Laminasi Terhadap Variasi Perekat Labur Dan Kulit Luar Bambu.” *Media Teknik Sipil* 10 (1): 14–21.
- Eratodi, I Gusti Lanang Bagus. 2010. “Teknologi Bambu Laminasi Sebagai Material Ramah Lingkungan Tahan Gempa.” In *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4*. Denpasar: Teknik Sipil Universitas Udayana.
- Fattah, Afif Rizqi, dan Hosta Ardhyanta. 2013. “Pengaruh Bahan Kimia dan Waktu Perendaman terhadap Kekuatan Tarik Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) sebagai Perlakuan Pengawetan Kimia.” *Jurnal Teknik Pomits* 1 (1): 1–6.
- Janssen, J. J. A. 2004. *Bamboo - Determination of Physical and Mechanical Properties - Part 1: Requirement*. Switzerland: Innovative Structural Design, Material related Structural Design (MSD). <https://research.tue.nl/nl/publications/>.
- Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Setyawati, Morisco, dan Tibertius Aji Prayitno. 2009. “Pengaruh Ekstrak Tembakau Terhadap Sifat dan Perilaku Mekanik Laminasi Bambu Petung.” *Civil Engineering Forum Teknik Sipil* 19 (1): 1021–29.
- Siswanto, M. Fauzie, Priyosulistyo, Suprpto, dan T.A. Prayitno. 2012. “Pengaruh Leaching Bahan Pengawet CCB4 terhadap Kuat Tarik Dua Jenis Bambu.” *Simposium Nasional Rekayasa dan Budidaya Bambu I* 12 (1): 46–49.
- Yasin, Iskandar, Henricus Priyosulistyo, Suprpto Siswosukarto, dan Ashar Saputra. 2016. “The Influence of Lateral Stress Variation to Shear Strenght Bamboo Lamination Block.” *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)* 3 (3): 33–37.