



SIFAT FISIS, MEKANIS, DAN KEAWETAN *ORIENTED* STRAND BOARD BAMBU ANDONG DAN BETUNG DENGAN PERLAKUAN *STEAM* PADA *STRAND*

SENA MAULANA



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Sifat Fisis, Mekanis, dan Keawetan *Oriented Strand Board* Bambu Andong dan Betung dengan Perlakuan *Steam* pada *Strand* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2018

Sena Maulana
NIM E251150171

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



RINGKASAN

SENA MAULANA. Sifat Fisis, Mekanis, dan Keawetan *Oriented Strand Board* Bambu Andong dan Betung dengan Perlakuan *Steam* pada *Strand*. Dibimbing oleh FAUZI FEBRIANTO, I NYOMAN JAYA WISTARA, dan IHAK SUMARDI.

Bambu tersedia melimpah di Indonesia dan memiliki prospek yang cerah untuk dikembangkan. Dibandingkan kayu, laju pertumbuhan bambu jauh lebih cepat, potensinya berlimpah, daur pendek, dan dapat ditanam pada hampir semua jenis tanah kecuali tanah di daerah pantai. Namun, bambu juga memiliki beberapa kelemahan, terutama jika digunakan sebagai komponen konstruksi. Diameter bambu yang relatif tidak terlalu besar dan ukuran yang tidak seragam membuatnya sulit untuk dimanfaatkan sebagai bambu solid. *Oriented strand board* (OSB) merupakan salah satu produk panel kayu alternatif dalam mengatasi hal tersebut. Selain itu, kadar zat ekstraktif di dalam bambu tergolong tinggi dibandingkan kayu terutama pati dan gula-gula sederhana sehingga bambu rentan terhadap faktor perusak. Beberapa perlakuan pendahuluan terhadap *strand* dilakukan untuk mengatasi hal tersebut, salah satunya adalah proses *steam*. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat fisis, mekanis, dan ketahanan OSB terhadap serangan rayap tanah dan rayap kayu kering.

Penelitian ini menggunakan baku utama, yaitu bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) dan bambu betung (*Dendrocalamus asper*) berumur ± 4 tahun yang didapat dari Sukabumi, Jawa Barat, Indonesia. Bahan baku bambu dikonversi menjadi *strand* yang kemudian diberi perlakuan *steam* pada suhu 126 °C selama 1 jam pada tekanan 0.14 Mpa. OSB dibuat tiga lapis berukuran 30x30x0.9 cm³ dengan kerapatan OSB yang dibuat adalah 0.7 g cm⁻³. Sifat anatomi dan fisis bambu solid andong dan betung dianalisis sebelum dibuat *strand*. *Geometri strand* diukur pada 100 sampel *strand* bambu yang diambil secara acak yang mengacu pada Maloney (1993). Nilai pH dan kristinitas *strand* dianalisis sebelum dan sesudah diberi perlakuan *steam*. Ekstraktif bambu sebelum dan sesudah perlakuan *steam* dianalisis mengacu kepada standar TAPPI. Kelarutan ekstraktif dalam alkohol benzena mengacu pada standar TAPPI T 204 om-88. Prosedur dan perhitungan parameter pengujian sifat fisis dan mekanis OSB mengacu pada Febrianto dan Arinana (2012). Pengujian ketahanan OSB terhadap serangan rayap tanah mengacu pada standar JIS K 1571-2004. Ketahanan contoh uji terhadap rayap kayu kering dievaluasi berdasarkan standar SNI 7207-2014.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bambu andong memiliki kerapatan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bambu betung. Bambu solid betung memiliki stabilitas dimensi lebih baik dibandingkan dengan bambu solid andong. Bambu andong memiliki tipe vaskular bundle III sedangkan bambu betung tipe IV. *Geometri strand* bambu andong dan betung yang digunakan telah memenuhi kriteria *strand* sebagai bahan baku OSB yang baik, meskipun *strand* tersebut dibuat secara manual. Perlakuan *steam* pada bambu andong maupun betung tidak menyebabkan transformasi pada daerah kristalin, tetapi sedikit menurunkan derajat kristalinitas. Perlakuan *steam* pada *strand* bambu andong dan betung dapat menurunkan kadar zat ekstraktif dan meningkatkan pH sehingga stabilitas dimensi dan kekuatan OSB yang diproduksi lebih baik dibandingkan dengan OSB yang dibuat dari *strand* tanpa perlakuan *steam*. Perlakuan *steam* merupakan proses yang relatif sederhana

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dan murah untuk menghasilkan OSB bambu dengan stabilitas dimensi dan kekuatan yang tinggi. Selain itu, perlakuan *steam* juga dapat meningkatkan ketahanan OSB terhadap serangan rayap tanah dan rayap kayu kering. Stabilitas dimensi dan sifat mekanis OSB yang dibuat dari *strand* bambu betung lebih baik dibandingkan bambu andong.

Kata kunci: Bambu, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa pseudoarundinacea*, *oriented strand board* bambu, *steam*, *strand*

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

SUMMARY



SENA MAULANA. Physical, Mechanical, and Durability Properties of Andong and Betung Bamboo *Oriented Strand Board* Prepared from Steam-treated Bamboo Strands. Supervised by FAUZI FEBRIANTO, I NYOMAN JAYA WISTARA, and IHAK SUMARDI.

Bamboo resources are abundant in Indonesia and have big potential to be developed. Compared to wood, has fast growth rate, abundant potency, short cycle, and adaptable to most of soil types except soil in the beach area. Due to its advantages, bamboo has been used as raw materials for industry, construction, furniture, household equipment, and handicrafts. However, bamboo also has some limitations when they are used for construction material, particularly due to its diameter. The small diameter and thin culm of bamboo made the solid bamboo difficult to be used for panel products that generally needed a long and wide dimensions. Composite products can be used as alternatives to increase the efficient utilization of bamboo for structural and non-structural applications. Oriented *strand* board (OSB) is one of the structural composite panels that has been used as a substitution for plywood products. The extractive content of bamboo, particularly the carbohydrates and sugars content is relatively higher than wood. Carbohydrates and sugars are food sources for wood-damaging agents. Pretreatment on *strands* can be applied to solve the problem, such as *steam* treatment. Therefore, the objective of this study is to evaluate the properties of B-OSB with and without *steam* treatment.

Two bamboo species, *i.e.* andong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) and Betung (*Dendrocalamus asper*) were obtained from 3-year-old bamboo plantation in Sukabumi, West Java, Indonesia. Bamboo culms without internodes were converted into *strands*. The *strands* were treated with *steam* at 126 °C for 1 h under a pressure 0.14 Mpa. Three-layer B-OSBs were made with the dimension of 30x30x0.9 cm³ and The target board density was 0.7 g cm⁻³. Anatomical and physical properties of solid andong and betung bamboo were analyzed. *Strand* geometry was measured using 100 *strands* that obtained randomly and determined according to Maloney (1993). Crystallinity and pH of bamboo strand were analyzed before and after steaming. The extractive content of bamboo *strands* before and after *steam* treatment was analyzed in accordance with TAPPI standards. Samples were extracted using alcohol-benzene solvent following the procedure of TAPPI T 204 om-88. The physical and mechanical properties of B-OSB were evaluated according to the procedure of JIS A 5908-2003 (JIS 2003). Durability of OSB against soil termite were evaluated according to JIS K 1571-2004. Durability of OSB against subterranean termite were evaluated according to SNI 7207-2014.

This study showed that density of andong bamboo higher than betung bamboo. Dimensional stability of betung solid bamboo more higher than andong bamboo. Andong bamboo has type III vascular bundle, while betung bamboo has type IV. The geometry of *strand* produced from andong and betung bamboo were satisfactory, showing high slenderness and aspect ratio. *Steam* treatment of *strands* significantly reduced the extractive content, and thus improved the dimensional stability, mechanical properties, and durability of bamboo OSB from andong and betung *strands*. A simple and relatively low-cost *steam* treatment of *strands* offers a promising alternative treatment to produce bamboo OSB with superior properties.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Dimensional stability and mechanical properties of Betung OSB more better than andong OSB.

Keywords: Bamboo, *Dendrocalamus asper*, *Gigantochloa pseudoarundinacea*, oriented *strand* board bambu, *steam*, *strand*

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2018
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

SIFAT FISIS, MEKANIS, DAN KEAWETAN *ORIENTED* STRAND BOARD BAMBU ANDONG DAN BETUNG DENGAN PERLAKUAN *STEAM* PADA *STRAND*

SENA MAULANA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis : Dr Ir Jajang Suryana, M.Sc



Judul Tesis : Sifat Fisis, Mekanis, dan Keawetan *Oriented Strand Board* Bambu Andong dan Betung dengan Perlakuan *Steam* pada *Strand*

Nama : Sena Maulana
NIM : E251150171

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing

Prof Dr Ir Fauzi Febrianto, MS

Ketua

Dr Ir Nyoman Jaya Wistara, MS
Anggota

Ihak Sumardi S.Hut, M.Si, Ph.D
Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

Dr Ir Rita Kartika Sari, M.Si



Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, M.Eng

Tanggal Ujian: 9 Mei 2018

Tanggal Lulus: 22 JUN 2018

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor Agricultural



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2016 ini ialah *oriented strand board*, dengan judul Sifat Fisis, Mekanis, dan Keawetan *Oriented Strand Board* Bambu Andong dan Betung dengan Perlakuan *Steam* pada *Strand*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Prof Dr Ir Fauzi Febrianto, Dr Ir I Nyoman Jaya Wistara, MS, dan Bapak Ihak Sumardi, S.Hut, M.Si, Ph.D selaku komisi pembimbing. Terima kasih juga penulis sampaikan pada Program Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (No.330/SP2H/LT/DRPM/IX/2016) Direktorat Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, seluruh keluarga, serta seluruh rekan atas segala doa, kasih sayangnya, dan bantuannya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Mei 2018

Sena Maulana

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
1 PENDAHULUAN	7
Latar Belakang	7
Perumusan Masalah	2
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
2 TINJAUAN PUSTAKA	3
Sifat Dasar Bambu	3
Pemanfaatan Bambu	5
<i>Oriented Strand Board</i> Bambu	6
<i>Heat dan Steam Treatment</i>	7
3 METODE	8
Waktu dan Tempat	8
Bahan dan Alat	8
Pengujian Sifat Dasar Bambu Solid	8
Persiapan Bahan Baku dan Pembuatan OSB	10
Pengujian Geometri <i>Strand</i>	10
Pengujian Kadar Zat Ekstraktif	10
Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis OSB	10
Pengujian Ketahanan OSB	11
Rancangan Percobaan dan Analisis Data	12
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	12
5 SIMPULAN DAN SARAN	26
Simpulan	26
Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	26
RIWAYAT HIDUP	31

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

1	Sifat mekanis beberapa jenis bambu	5
2	Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap tanah berdasarkan penurunan berat	12
3	Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap kayu kering berdasarkan penurunan berat	12
4	Panjang serat bambu andong dan betung	14
5	Kristalinitas bambu andong dan betung dengan perlakuan <i>steam</i>	14
6	Sifat fisis dari bambu andong dan betung	15
7	Dimensi <i>Strand</i> , AR, dan SR	16
8	Kelarutan zat ekstraktif bambu dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	16

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur anatomi bambu andong (X: penampang lintang; R: penampang radial; dan C: penampang tangensial)	13
2	Struktur anatomi bambu betung (X: penampang lintang; R: penampang radial; dan C: penampang tangensial)	13
3	Pola difraksi XRD dari <i>strand</i> dengan perlakuan <i>steam</i>	15
4	Nilai pH <i>strand</i> sebelum dan sesudah perlakuan <i>steam</i>	17
5	Nilai kerapatan OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	18
6	Nilai KA OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	18
7	Nilai DSA OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	19
8	Nilai PT OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	19
9	Nilai MOE sejajar OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	20
10	Nilai MOE tegak lurus OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	21
11	Nilai MOR sejajar OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	21
12	Nilai MOR tegak lurus OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	22
13	Nilai IB OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan <i>steam</i>	23
14	Nilai WL akibat serangan rayap tanah	24
15	Nilai WL akibat serangan rayap kayu kering	24
16	Nilai mortalitas rayap tanah	25
17	Nilai mortalitas rayap kayu kering	25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bambu tersedia melimpah di Indonesia dan memiliki prospek yang cerah untuk dikembangkan. Menurut BPS (2016), produksi bambu di Indonesia mencapai 9 694 131 batang. Widjaya (2012) melaporkan bahwa di Indonesia terdapat 160 jenis bambu yang terdiri dari 38 jenis jenis introduksi dan 122 jenis lokal. Wilayah dengan produksi bambu terbesar di Indonesia adalah Bali and Nusa Tenggara (6.14 juta batang) diikuti dengan Jawa (3.12 juta batang), Sumatera (0.24 juta batang), dan sisanya (0.19 juta batang) di daerah Sulawesi (BPS 2016). Dibandingkan kayu, bambu memiliki laju pertumbuhan jauh lebih cepat, potensinya berlimpah, daur pendek, dan dapat ditanam pada hampir semua jenis tanah kecuali tanah di daerah pantai serta memiliki keteguhan tarik yang sangat baik. Oleh karena itu, bambu secara luas banyak digunakan sebagai bahan baku industri, bahan bangunan, mebel, alat rumah tangga, dan barang kerajinan. Namun, bambu juga memiliki beberapa kelemahan, terutama jika digunakan sebagai komponen konstruksi. Diameter bambu yang relatif tidak terlalu besar menjadi kelemahan bambu sehingga penggunaannya terbatas dan sulit dimanfaatkan sebagai produk panel yang memerlukan dimensi panjang dan lebar yang besar. Selain memiliki keteguhan belah yang rendah, variabilitas sifat fisis bambu terutama kerapatannya pada bagian pangkal, tengah, ujung cukup besar, dan rentan terhadap serangan organisme perusak (Febrianto *et al.* 2017).

Produk komposit merupakan alternatif dalam upaya peningkatan efisiensi pemanfaatan bambu baik sebagai bahan bangunan struktural maupun non struktural. *Oriented strand board* (OSB) merupakan salah satu panel komposit struktural substitusi kayu lapis. Menurut SBA (2005) OSB adalah papan komposit struktural yang terbuat dari bahan berupa *strand* memanjang, tidak lebar, dan tipis yang disusun paralel satu sama lain secara bertumpuk dan pengorientasian *strand* kayu dikempa menggunakan kempa panas. Beberapa penelitian membuktikan bahwa sifat fisis dan mekanis OSB bambu jauh lebih baik dibandingkan OSB berbahan kayu serta memenuhi kriteria OSB komersial (Febrianto dan Arinana 2012; Adrin *et al.* 2013; Febrianto *et al.* 2012, 2013, 2014)

Sifat-sifat papan partikel termasuk OSB dipengaruhi oleh berbagai faktor. Maloney (1993) menyebutkan bahwa jenis kayu, berat jenis kayu, ukuran *strand*, perlakuan pendahuluan, orientasi partikel, jenis dan kadar perekat, struktur lapisan, parameter-parameter dalam pengempaan, kadar air dan kerapatan papan, serta profil kerapatan berpengaruh terhadap sifat-sifat papan partikel yang dibuat (Maloney 1993). Kadar zat ekstraktif di dalam bambu tergolong tinggi dibandingkan kayu terutama pati dan gula-gula sederhana (Zhang 1995; Patriasari dan Hermiati 2008) sebagai sumber makanan bagi beberapa faktor perusak sehingga bambu rentan terhadap faktor perusak tersebut (bubuk kayu kering, rayap dan jamur) (Febrianto *et al.* 2013). Beberapa perlakuan pendahuluan terhadap *strand* dilakukan untuk mengatasi hal tersebut, salah satunya adalah proses *steam*.



Secara konvensional perlakuan *steam* biasa dilakukan untuk memfasilitasi bambu solid agar dapat dilenturkan ke bentuk yang dikehendaki. Proses *steam* ini juga memperbaiki ketahanan bambu terhadap serangan faktor perusak (Liese 1987). Selain itu, gula-gula bebas pada bahan berkayu dapat dikonversi menjadi furan *intermediet* yang selanjutnya dapat dikonversi lagi menjadi resin furan selama proses *steam* yang dapat meningkatkan sifat-sifat papan yang dihasilkan (Rowell *et al.* 2002). Perlakuan *steam* pada *strand* terhadap kayu sentang (*Melia excelsa*) terbukti dapat memperbaiki sifat-sifat OSB yang dihasilkan (Iswanto *et al.* 2010). Penelitian lain mengenai OSB bambu dilakukan oleh Febrianto *et al.* (2015) dengan perlakuan *steam* pada *strand* yang direkat dengan perekat *isocyanat* (MDI). Namun, perekat MDI tergolong ke dalam perekat yang mahal. Penelitian menggunakan perekat yang lebih murah dilakukan menggunakan perekat fenol formaldehida (PF), tetapi dibutuhkan konsentrasi yang tinggi (Febrianto dan Arinana 2012). Oleh karena itu, diperlukan perbaikan sifat-sifat *strand* untuk meningkatkan kualitas OSB yang direkat dengan PF perlu dilakukan. Namun, penelitian mengenai pengaruh dari proses *steam* terhadap sifat-sifat OSB yang direkat dengan perekat fenol formaldehida (PF) belum pernah dilaporkan.

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sifat dasar dari andong dan betung?
2. Apakah proses *steam* berpengaruh pada kadar ekstraktif *strand*, nilai pH, dan kristalinitas *strand* bambu andong dan betung?
3. Apakah proses *steam* berpengaruh terhadap sifat fisis, mekanis, dan ketahanan OSB bambu andong dan betung terhadap rayap?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis sifat dasar pada bambu andong dan betung sebagai bahan baku.
2. Mengkaji perubahan kadar ekstraktif, nilai pH, dan kristalinitas sebelum serta sesudah dilakukan proses *steam*
3. Menganalisis sifat fisis, mekanis, dan ketahanan OSB bambu terhadap serangan rayap.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan perlakuan pendahuluan pada *strand* dalam meningkatkan kualitas OSB dengan cara yang relatif murah dan mudah, yaitu dengan perlakuan *steam* pada *strand* bambu.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Dasar Bambu

Bambu merupakan bahan baku yang prospek untuk dikembangkan. Widjaya (2012) melaporkan bahwa terdapat 1 250 jenis bambu di dunia, 160 jenis di antaranya terdapat di Indonesia dan 122 jenis merupakan endemik Indonesia. Ketersediaan bambu cukup melimpah karena bambu dapat tumbuh hampir di semua jenis tanah, kecuali tanah pantai (Febrianto *et al.* 2017). Menurut BPS (2016), produksi bambu di Indonesia tahun 2016 mencapai 12 060 632 batang. Pulau dengan produksi bambu paling besar adalah Pulau Bali dan Nusa Tenggara sebanyak 6.14 juta batang (63.38%) diikuti oleh Pulau Jawa sebanyak 3.12 juta batang (32.21%), Pulau Sumatera sebanyak 0.24 juta batang (2.50%), sedangkan sisanya sebanyak 0.19 juta batang (1.91%) diproduksi di Pulau Sulawesi (BPS 2016). Bambu memiliki laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan kayu. Bambu umumnya dapat dipanen pada umur 3-5 tahun. Hal ini membuat bambu banyak diminati dan dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi.

Menurut Sutardi *et al.* (2015) bambu hitam (*Gigantochloa atroviolacea* Widjaya) memiliki panjang 12–13 m dengan diameter pada bagian pangkal 8–9 cm dan bagian ujung sekitar 4–5 cm. Ikatan pembuluh bambu hitam termasuk tipe III dan IV. Diameter pembuluh metaxilem dan floem berkisar 317.15 dan 152.34 μm , panjang pembuluh metaksilem dan floem berkisar 1 174.78 dan 874.18 μm . Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat berturut-turut 3 699 mm, 31.39, 29.34, dan 2.18 μm . Nilai kadar holoselulosa, alfaselulosa, lignin, dan hemiselulosa bambu hitam berturut-turut 63.32, 42.32, 32.35, dan 21.00%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 2.24, 3.41, 5.14, dan 17.42%. Tabel berikut menunjukkan sifat mekanis dari bambu hitam. Bambu tutul (*Bambusa maculate*) memiliki panjang lebih dari 13 m dengan diameter 8–9 cm, sekitar 20 ruas. Ikatan pembuluh bambu tutul termasuk tipe III dan IV. Diameter pembuluh metaxilem dan floem berkisar 159.91 dan 150.37 μm , panjang pembuluh metaksilem dan floem berkisar 1 177.29 dan 900.73 μm . Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat berturut-turut 3 643 mm, 33.69, 26.87, dan 2.27 μm . Nilai kadar holoselulosa, alfaselulosa, lignin, dan hemiselulosa bambu hitam berturut-turut 63.32, 46.36, 36.35, dan 27.00%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 3.68, 1.05, 6.54, dan 19.52%.

Menurut Sutardi *et al.* (2015) bambu apus (*G. apus* (Schutz) Kurz.) memiliki panjang 11-14 m dengan diameter pada bagian pangkal 7.5 cm dan bagian ujung sekitar 6.1 cm. Ikatan pembuluh bambu apus termasuk tipe III dan IV. Diameter pembuluh metaxilem dan floem berkisar 206.66 dan 118.29 μm , panjang pembuluh metaksilem dan floem berkisar 1 006.73 dan 786.20 μm . Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat berturut-turut 3 641 mm, 27.86, 22.56, dan 2.31 μm . Nilai kadar selulosa dan lignin bambu apus berturut-turut 61.29 dan 31.45%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 1.82, 3.60, 5.19, dan 17.75%. Bambu andong (*G. pseudoarundinaceae* (Steudel)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Widjaja) memiliki panjang 17-22 m dengan diameter pada bagian pangkal 13.4 cm dan bagian ujung sekitar 5.3 cm. Ikatan pembuluh bambu andong termasuk tipe III dan IV. Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat berturut-turut 3 509 mm, 34.41, 29.24, dan 2.58 μm . Nilai kadar selulosa dan lignin bambu andong berturut-turut 59.58 dan 31.42%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 2.73, 2.50, 3.74, dan 18.43%.

Berdasarkan Sutardi *et al.* (2015) bambu mayan (*G. robusta* Kurz.) memiliki panjang 13.90-16.80 m dengan diameter pada bagian pangkal 13 cm dan bagian ujung sekitar 4-5 cm. Ikatan pembuluh bambu mayan termasuk tipe III dan IV. Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat berturut-turut 3 467 mm, 27.04, 22.40, dan 2.32 μm . Nilai kadar selulosa dan lignin bambu mayan berturut-turut 57.55 dan 31.66%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 3.24, 6.68, 9.63, 23.95%. Bambu betung (*Dendrocalamus asper* Backer) memiliki panjang 14.5-16.5 m dengan diameter pada bagian pangkal 20 cm. Ikatan pembuluh bambu betung termasuk tipe III dan IV. Panjang serat, diameter serat, diameter lumen, dan tebal dinding serat berturut-turut 3 947 mm, 33.84, 29.10, dan 2.37 μm . Nilai kadar selulosa dan lignin bambu betung berturut-turut 55.10 dan 32.35%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 3.24, 2.15, 3.91, 19.12%. Bambu ampel (*B. vulgaris*) memiliki panjang 10.0-12.3 m dengan diameter pada bagian pangkal 7-8.4 cm dan bagian ujung 0.3-0.7 cm. Ikatan pembuluh bambu ampel termasuk tipe III dan IV. Nilai kadar selulosa dan lignin bambu ampel berturut-turut 44.79 dan 28.01%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 4.32, 2.25, 9.16, dan 31.19%. Bambu ater (*G. ater*) memiliki panjang 9.0-15 m dengan diameter pada bagian pangkal 5.4-8.7 cm dan bagian ujung 4.2-6.1 cm. Ikatan pembuluh bambu ater termasuk tipe III dan IV. Panjang serat, bambu ater berkisar 4 322 mm. Nilai kadar selulosa dan lignin bambu ater berturut-turut 44.29 dan 36.08%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 3.95, 8.17, 11.39, dan 26.60%.

Menurut Sutardi *et al.* (2015) bambu duri (*B. blumeana* Bl. Ex Schult. F.) memiliki panjang 18-21.50 m dengan diameter pada bagian pangkal 16.5-24.5. Ikatan pembuluh bambu duri termasuk tipe III dan IV. Panjang serat, bambu duri berkisar 3 574 mm. Nilai kadar selulosa dan lignin bambu duri berturut-turut 47.81 dan 24.43%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 9.68, 11.39, 13.96, dan 29.62%. Bambu temen (*G. verticillata* Munro) memiliki panjang 9.5-11 m dengan diameter pada bagian pangkal 28-34.5. Ikatan pembuluh bambu temen termasuk tipe III dan IV. Nilai kadar selulosa dan lignin bambu temen berturut-turut 47.81 dan 24.43%. Nilai kelarutan zat ekstraktif dalam alkohol benzena, ekstraktif dalam air dingin, ekstraktif dalam air panas, ekstraktif dalam NaOH 1% berturut-turut 9.68, 11.39, 13.96, dan 29.62%. Tabel 1 menunjukkan sifat mekanis beberapa jenis bambu yang biasa dimanfaatkan di Indonesia.

Tabel 1 Sifat Mekanis Beberapa Jenis Bambu

Jenis bambu	Parameter (kg cm ⁻²)				
	MOE	MOR	Tekan //	Tarik //	
Hitam	85 170	278	329	1 660	
Tutul	63 631	333	218	2 160	
Apus	60 126	263	na	713	
Andong	25 490	237	304	3 057	
Mayan	35 948	145	207	2 488	
Betung	86 550	349	261	3 471	
Ampel	33 540	186	312	1 474	
Ater	60 779	210	45	1 694	
Duri	19 909	125	168	620	
Temen	334	101	438	59	

Keterangan: na=not available

Sumber: Sutardi *et al.* (2015), Nugroho *et al.* (2013), Rochman *et al.* (2006)

Pemanfaatan Bambu

Bambu memiliki sifat mekanis yang sangat baik sehingga biasanya dimanfaatkan sebagai bahan struktural. Lugt *et al.* (2006) dan Nurdiah (2016) menyatakan bahwa bambu berpotensi sebagai biomaterial untuk komponen bangunan sebagai substitusi dan kompetitor dari material lain seperti kayu, besi, dan baja ringan. Selain tergolong cepat tumbuh dan ramah lingkungan, bambu memiliki nilai tekanan sejajar, geser sejajar, dan lentur sejajar serat lebih tinggi dibandingkan kayu (Rao 2014; Raj & Agarwal 2014; Acma 2017). Dibandingkan dengan kayu, bambu memiliki bobot yang lebih ringan dan memiliki kekuatan tinggi sehingga cocok dan potensial untuk diaplikasikan sebagai komponen struktural (Sharma *et al.* 2014; Dixon dan Gibson 2014; Ganiron 2014). Pernyataan tersebut didukung oleh Febrianto *et al.* (2017) yang melaporkan bahwa bambu memiliki beberapa keunggulan dalam pemanfaatannya terutama sebagai bahan bangunan bambu memiliki beberapa keunggulan antara lain harganya murah, batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk, mudah dikerjakan, dan ringan sehingga mudah diangkut. Namun, pemanfaatan bambu sebagai komponen struktural masih terbatas oleh diameter bambu yang relatif kecil.

Adopsi teknologi untuk memanfaatkan bambu sebagai bahan baku konstruksi substitusi kayu solid menjadi sangat penting agar pemanfaatan bambu dapat lebih efisien dan diterima masyarakat secara luas. Penelitian mengenai bambu sebagai produk komposit sudah dilakukan. Bambu komposit cenderung memiliki stabilitas dimensi yang tinggi (Zhang *et al.* 2017). Asmah *et al.* (2016) melaporkan bahwa *laminated bamboo lumber* (LBL) merupakan pendekatan teknologi sederhana untuk mendapatkan material dengan sifat-sifat yang baik. Penelitian Sinha *et al.* (2014) dan Mahdavi *et al.* (2011) menunjukkan bahwa LBL memiliki sifat mekanis yang baik dibandingkan dengan kayu dan dapat menjadi substitusi kayu sebagai komponen struktural. Anoyke *et al.* (2016) memproduksi *bamboo laminated timber* (BLT). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa BLT memiliki sifat mekanis yang superior. Penellum *et al.* (2018) menunjukkan bahwa berdasarkan sifat-sifatnya bambu memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bambu laminasi. Rahman *et al.* (2017) membuktikan bahwa sifat mekanis bambu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



komposit dengan *coating* dapat diaplikasikan untuk aplikasi struktural. Verma dan Charier (2012) melaporkan bahwa bambu laminasi terbuat dari bambu yang direkat dengan perekat epoxy memiliki sifat mekanis yang tinggi dengan nilai yang *comparable* dengan kayu jati. Valarelli *et al.* (2014) melakukan penelitian mengenai papan partikel menggunakan limbah bambu dengan perekat berbasis urea. Penelitian lain mengenai papan partikel dari limbah bambu dilakukan oleh Alam *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa papan partikel yang dibuat memenuhi American National Standard ANSI A208.1. Flores *et al.* (2011) melakukan penelitian terkait papan partikel bambu pada berbagai tekanan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa ukuran partikel dan tekanan berpengaruh secara signifikan terhadap sifat-sifat papan partikel bambu.

Uraian mengenai pemanfaatan bambu menunjukkan bahwa bambu sangat berpotensi untuk dikembangkan. Hal tersebut dapat dilihat dari ketersediaan maupun sifat-sifat dari produk turunan yang dihasilkan. Produk komposit lain yang prospek untuk dikembangkan dari bambu adalah OSB. Bambu memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi, tetapi keteguhan belah yang sangat rendah (Febrianto *et al.* 2017). Oleh karena itu, pembuatan OSB akan lebih efisien karena kelemahan tersebut akan sangat menguntungkan dalam pembuatan *strand* sebagai bahan baku OSB.

Oriented Strand Board Bambu

Pembuatan OSB dari bambu sudah banyak dilaporkan oleh beberapa peneliti. Sumardi *et al.* (2007) melakukan penelitian terkait pengaruh dari panjang *strand* (20, 40, 60, dan 80 mm) dan struktur lapisan OSB bambu. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa panjang *strand* dan struktur lapisan berpengaruh terhadap nilai lentur OSB bambu. Penelitian lain mengenai panjang *strand* dilakukan oleh Febrianto *et al.* (2012). Penelitian tersebut mengevaluasi sifat-sifat OSB bambu dengan bahan baku *strand* bervariasi (50, 60, 70 mm). Penelitian tersebut membuktikan bahwa *strand* dengan panjang 70 mm lebih baik dibandingkan dengan 50 dan 60 mm. OSB bambu memiliki prospek yang cerah untuk dikembangkan. Febrianto *et al.* (2015) melakukan penelitian pengaruh jenis bambu dan kadar perekat terhadap sifat-sifat OSB bambu dengan komposisi *layer* 1:2:1. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa OSB yang dibuat dari bambu andong dan betung lebih baik dibandingkan dengan OSB yang dibuat dari bambu ampel. Selain itu, seluruh OSB yang dibuat telah memenuhi standar yang ditetapkan CSA O437.0 Grade O-1, kecuali OSB bambu ampel yang dibuat dengan kadar perekat MDI 3%. Selain memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan OSB kayu, rendemen *strand* yang dihasilkan dari bambu juga lebih tinggi dibandingkan dari kayu (Iswanto *et al.* 2010; Febrianto *et al.* 2012). Ibrahim dan Febrianto (2013) melaporkan bahwa kombinasi *strand* berpengaruh secara signifikan terhadap sifat-sifat OSB. Secara alami bambu mudah diserang oleh faktor perusak rayap, bubuk kayu kering, demikian pula OSB bambu sehingga menjadi kendala penggunaannya sebagai produk struktural interior dan eksterior. Peningkatan keawetan OSB melalui perendaman *strand* dalam larutan asetat anhidrida terbukti meningkatkan ketahanan OSB dari rayap (Febrianto *et al.* 2012). Jin *et al.* (2016) melakukan pengawetan pada *strand* dan terbukti dapat meningkatkan keawetan OSB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

OSB bambu yang dihasilkan dari serangkaian penelitian yang telah dipaparkan sudah memenuhi kriteria OSB komersial berdasarkan sifat fisis dan mekanisnya. Namun OSB yang dibuat menggunakan perekat MDI yang tergolong mahal. Uji coba menggunakan perekat yang lebih murah yaitu perekat PF dapat mencapai kriteria tersebut, tetapi dibutuhkan konsentrasi yang tinggi (Febrianto dan Arinana 2012). Penelitian lain terkait substitusi perekat PF terhadap MDI dilakukan oleh Adrin *et al.* (2013) dengan menganalisis sifat-sifat OSB bambu pada berbagai kombinasi perekat. Penelitian tersebut membuktikan bahwa jenis perekat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis OSB bambu betung. Selain itu, terbukti dalam penelitian tersebut bahwa dibutuhkan konsentrasi perekat PF yang tinggi agar OSB yang diproduksi dapat memenuhi kriteria OSB komersial. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan sifat-sifat *strand* untuk meningkatkan kualitas OSB yang direkat dengan PF perlu dilakukan.

Heat dan Steam Treatment

Perlakuan panas termasuk *steam* sudah lama diketahui dan diterapkan dalam banyak material, salah satunya dalam meningkatkan sifat-sifat bahan berlignoselulosa. Perlakuan panas diketahui dapat meningkatkan stabilitas dimensi dan ketahanan kayu terhadap serangan organisme perusak. Inoue *et al.* (1993) melaporkan bahwa stabilitas kayu solid meningkat dengan dilakukannya perlakuan panas. Peningkatan stabilitas dimensi terjadi akibat berkurangnya adsorpsi air. Rowell *et al.* (2002) menambahkan bahwa perlakuan *steam* pada temperature tinggi menyebabkan degradasi selulosa yang berdampak penurunan sifat higroskopisitas pada material berkayu. Pernyataan tersebut diperkuat oleh penelitian Yin *et al.* (2011), yang melakukan perlakuan panas (140, 160, dan 180°C) pada kayu spruce selama 30 menit. Perubahan yang terlihat adalah dekomposisi dinding sel yang mulai terjadi pada suhu 140°C. Stamm *et al.* (1946) melaporkan bahwa nilai lentur kayu berkurang setengahnya akibat perlakuan panas. Demikian juga dengan hasil penelitian Kamdem *et al.* (2002) yang menunjukkan bahwa nilai MOE dan MOR kayu *Fagus sylvatica* berturut-ururt berkurang 20% dan 40% akibat perlakuan panas. Hasil serupa ditunjukkan oleh Korkut *et al.* (2008) yang melaporkan bahwa nilai MOE, MOR, dan *hardness* pada *Scots pine* berkurang sekitar 30% akibat pemanasan pada suhu 180°C selama 10 jam. Bekhta dan Niemz (2003) melaporkan bahwa peningkatan nilai lentur terjadi akibat perlakuan panas sampai suhu 100°C dan selanjutnya berangsur-angsur terjadi penurunan. Di sisi lain, banyak peneliti yang melaporkan hal berlainan. Banyak studi yang menunjukkan bahwa perlakuan panas dalam waktu yang singkat dapat meningkatkan nilai lentur kayu (Kubojima *et al.* 2000; Navi dan Girardet 2000; Poncsak *et al.* 2006). Selain pada bahan solid, perlakuan panas juga diterapkan pada produk komposit. Rowel *et al.* (1998) menerapkan proses *steam* untuk meningkatkan stabilitas *fiber board*. Perlakuan *steam* pada suhu tinggi dapat menyebabkan terbentuknya monomer furan yang kemudian akan membentuk polimer yang dapat meningkatkan kekuatan rekat internal pada *fiber board* (Rowell *et al.* 2002).

Perlakuan *steam* pada rangkaian penelitian di atas memiliki respon baik terhadap bahan berlignoselulosa. Namun, suhu *steam* yang digunakan masih tergolong tinggi. Perlakuan *steam* pada suhu rendah (126 °C) dilakukan oleh Iswanto *et al.* (2010) dalam memproduksi OSB dari kayu sentang. Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



tersebut menunjukkan bahwa perlakuan *steam* dapat meningkatkan stabilitas dimensi, kekuatan, dan juga ketahanan OSB. Penelitian lain mengenai perlakuan *steam* pada suhu 126 °C dilakukan oleh Febrianto *et al.* (2015) dalam pembuatan OSB dari bambu pada berbagai kadar perekat MDI. *Strand* yang digunakan dalam penelitian tersebut diberi perlakuan *steam* terlebih dahulu. Namun, belum dijelaskan bagaimana pengaruh dari perlakuan *steam* terhadap sifat-sifat dari OSB bambu. Oleh karena itu, pengaruh perlakuan *steam* pada suhu rendah pada *strand* dalam pembuatan OSB menggunakan perekat PF perlu ditindaklanjuti.

3 METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016 – Juni 2017. Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Biokomposit, Laboratorium Kimia Hasil Hutan, Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu Departemen Hasil Hutan Institut Pertanian Bogor (IPB) Indonesia, dan Kangwon National University (KNU), Korea Selatan.

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang terdiri atas bambu andong dan bambu betung berumur ± 4 tahun yang didapat dari Sukabumi, Jawa Barat, Indonesia, perekat PF, bahan kimia seperti sodium klorit (NaClO_2), asam asetat (CH_3COOH), asam sulfat (H_2SO_4), etanol, dan benzene yang digunakan untuk analisis kimia. Peralatan yang digunakan antara lain *autoclave*, *oven*, desikator, peralatan gelas, neraca digital, rotary blender, *spray gun*, cetakan berukuran 30cm x 30cm x 0,9 cm, kain teflon ukuran 35 cm x 35 cm, *hot press*, plat besi, caliper digital, dan *universal testing machine* (UTM).

Pengujian Sifat Dasar Bambu Solid

Struktur Anatomi Bambu

Buluh bambu solid dipotong kecil berbentuk persegi dan direndam dalam larutan etanol 10% selama ± 12 jam. Potongan bambu tersebut disayat dengan sliding mikrotom. Hasil sayatan tersebut diberi pewarna dengan larutan safranin 1% selama 30-60 menit. Kemudian didehidrasi dengan alkohol berturutan (50, 70, dan 90%) masing-masing selama 2-3 menit. Sampel diberi pewarna larutan hijau cerah 1% selama 2-3 menit. Dilanjutkan dengan didehidrasi dengan alkohol berurutan (95 dan 99%) selama masing-masing 2-3 menit. Kemudian sampel diberi perlakuan dengan larutan *xylan* berurutan (50 dan 100%) selama masing-masing 2-3 menit. Hasilnya ditempatkan pada *object glass* dan dilakukan observasi menggunakan mikroskop optik (Nikon Eclipse E600), dan *image analyzer* (IMT i-solution lite).

Pengukuran Panjang Serat Bambu

Bambu solid dikonversi menjadi potongan bentuk pasahan (sliver). Pasahan bambu dimaserasi dengan larutan Schultz (100 ml asam nitrat 35% + 6% (6 g) potasium klorida) selama 3-4 hari. Rebus pasahan bambu tersebut pada suhu 60 °C selama 10-20 menit lalu didehidrasi dengan alkohol berurutan (50, 70, 90, 95, dan 99.9%). Diberi pewarna dengan larutan safranin 1% selama ± 30 menit. Sampel ditempatkan pada *object glass*. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik (Nikon Eclipse E600) dan *image analyzer* (IMT i-solution lite).

Pengukuran Kristalinitas Bambu

Spesimen didifraksi menggunakan sinar-X (DIMAX 2100 V) yang diproduksi RIGAKU di Kangwon National University (KNU). Sinar-X menggunakan garis $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1.54060 \text{ \AA}$) yang monokromatis dengan filter Ni pada 40 kV dan 40 mA.

Pengukuran Sifat Fisis Bambu

Sifat fisis bambu solid yang diukur adalah kadar air, kerapatan, dan susut. Pengukuran kadar air bambu solid dilakukan pada kondisi segar (basah) dan kering udara. Susut arah tangensial dan radial diukur pada kondisi basah ke kering udara, kering udara ke kering tanur, dan basah ke kering tanur.

Pengukuran kadar air bambu solid dilakukan pada kondisi segar (basah) dan kering udara. Prosedur pengujian kadar air adalah sebagai berikut: contoh uji dibuat berukuran (2x2x2) cm dimodifikasi sesuai ukuran bambu berdasarkan British Standard (BS-373). Contoh uji ditimbang untuk mendapatkan berat awalnya (BA), kemudian dikeringudarkan selama 2 minggu sampai beratnya konstan sehingga diperoleh berat kering udara (BKU). Setelah diperoleh berat kering udara, contoh uji dioven pada suhu $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam sampai beratnya konstan sehingga diperoleh berat kering oven (BKO).

Prosedur pengujian berat jenis adalah sebagai berikut: Contoh uji dibuat berukuran (2x2x2) cm^3 dimodifikasi sesuai ukuran bambu berdasarkan British Standard (BS-373). Kerapatan bambu diukur pada kondisi kerapatan dasar (berat kering oven/volume basah), kerapatan kering udara (berat kering udara/volume kering udara), kerapatan kering oven (berat kering oven/volume kering oven), dan kerapatan apparent (berat basah/volume basah). Kemudian contoh uji diukur panjang, lebar dan tebal dengan menggunakan kaliper dan ditimbang untuk mendapatkan volume basah dan kering udara dan berat basah dan berat BKO. Contoh uji dioven pada suhu $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam sampai beratnya konstan sehingga diperoleh BKO dan volume BKO.

Prosedur pengujian penyusutan adalah sebagai berikut: contoh uji dibuat berukuran (2x2x2) cm^3 dimodifikasi sesuai ukuran bambu berdasarkan British Standard (BS-373). Contoh uji diukur panjang (arah longitudinal), lebar (arah tangensial) dan tebal (arah radial) dengan menggunakan kaliper sehingga diperoleh dimensi panjang, lebar dan tebal awal. Contoh uji dikeringudarkan selama 2 minggu. Kemudian contoh uji diukur panjang (arah longitudinal), lebar (arah tangensial) dan tebal (arah radial) dengan menggunakan kaliper sehingga diperoleh dimensi panjang, lebar dan tebal pada kondisi kering udara. Contoh uji dioven pada suhu $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam kemudian diukur panjang (arah longitudinal), lebar (arah tangensial) dan tebal (arah radial) menggunakan kaliper sehingga diperoleh dimensi pada kondisi kering oven.

Persiapan Bahan Baku dan Pembuatan OSB

Bahan baku bambu dikonversi menjadi *strand* dengan target dimensi *strand* (70 x 25 x 0.5) mm³ yang kemudian diberi perlakuan *steam* pada suhu 126 °C selama 1 jam pada tekanan 0.14 Mpa. *Strand* dikeringudarkan selama satu minggu dan dioven pada suhu 60-80 °C selama 3 hari untuk mencapai kadar air (KA) di bawah 5%. OSB dibuat tiga lapis berukuran (30 x 30 x 0.9) cm³ (panjang x lebar x tebal) dengan perbandingan antar lapisan 1:1:1 (face:core:back). Kerapatan OSB yang dibuat adalah 0.7 g cm⁻³. Perekat yang digunakan adalah fenol formaldehida (PF) (SC=42%) dengan kadar perekat 8%. Parafin ditambahkan sebanyak 1% dari berat kering oven *strand*. OSB kemudian dikempa menggunakan *hot press* pada suhu 135 °C dengan tekanan spesifik 25 kg cm⁻². OSB kemudian dikondisikan selama +14 hari.

Pengujian Geometri *Strand*

Geometri *strand* diukur pada 100 sampel *strand* bambu yang diambil secara acak. Dimensi panjang, lebar dan tebal *strand* diukur. *Slenderness Ratio* (SR) dan *Aspect Ratio* (AR) *strand* dihitung mengacu pada Maloney (1993).

Pengujian Kadar Zat Ekstraktif

Kadar ekstraktif *strand* bambu sebelum dan sesudah perlakuan *steam* dianalisis mengacu kepada standar TAPPI. Kelarutan ekstraktif dalam alkohol benzena mengacu pada standar TAPPI T 204 om-88 (TAPPI 1991). Kelarutan ekstraktif dalam air panas, kelarutan ekstraktif dalam air dingin, dan kelarutan ekstraktif dalam NaOH dievaluasi berdasarkan standar TAPPI T 207 om 88 dan TAPPI T 212 om 88 (TAPPI 1991).

Penentuan pH

Penentuan pH dilakukan menggunakan filtrat pada pengujian kelarutan ekstraktif dalam air panas. Filtrat pada pengujian kelarutan dalam air panas dimasukan ke dalam *beaker glass*. Filtrat kemudian diuji dengan pH meter untuk menentukan nilai pH.

Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis OSB

Prosedur dan perhitungan parameter pengujian sifat fisis dan mekanis OSB mengacu pada Febrianto dan Arinana (2012). Contoh uji untuk pengujian sifat fisis dan mekanis OSB menggunakan modifikasi dari standar JIS A 5908:2003 (JSA 2003), yaitu tebal contoh uji yang dimodifikasi. Parameter sifat fisis yang diuji adalah kerapatan, kadar air (KA), daya serap air (DSA), pengembangan tebal (PT), dan sifat mekanis yang diuji adalah modulus of elasticity (MOE) sejajar dan tegak lurus *strand*, modulus of rupture (MOR) sejajar dan tegak lurus *strand*, serta internal bond (IB).

Pengujian Ketahanan OSB

Uji ketahanan OSB terhadap rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren (JIS K 1571 – 2004)

Pengujian ketahanan terhadap rayap tanah dilakukan berdasarkan standar JIS K 1571-2004 (JSA 2004). Contoh uji dioven pada suhu 60 ± 2 °C selama 48 jam dan ditimbang beratnya (W1). Kemudian contoh uji dimasukkan ke dalam pipa PVC silinder berdiameter 8 cm dan tinggi 6 cm yang telah dilapisi *dental cement* setebal 5 mm pada bagian bawahnya sebanyak 150 ekor rayap pekerja dan 15 ekor rayap prajurit. Bagian atas pipa PVC ditutup dengan *aluminium foil* dan diberi lubang. Pipa PVC yang telah terisi rayap dan contoh uji disimpan dalam bak penyimpanan selama tiga minggu dan dilakukan pengamatan setiap minggu. Setelah tiga minggu *aluminium foil* dilepas dari pipa PVC, kemudian dilakukan perhitungan mortalitas rayap. Contoh uji dibersihkan lalu dioven selama 48 jam dengan suhu 60 ± 2 °C dan ditimbang beratnya (W2).

Uji ketahanan contoh uji terhadap rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* (SNI 7207-2014)

Pengujian ketahanan contoh uji terhadap rayap kayu kering dilakukan berdasarkan SNI 7207-2014 (BSN 2014). Pengujian terhadap rayap kayu kering dilakukan pada sisi atas *top layer*. Pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada. Contoh uji dikeringtanurkan selama 48 jam dengan suhu 103 ± 2 °C, kemudian ditimbang beratnya (W1). Pada salah satu sisi terlebar contoh uji tersebut dipasang pipa PVC berdiameter 1.8 cm dan tinggi 3 cm secara vertikal yang bagian pangkalnya direkatkan dengan contoh uji lilin. Sebanyak 50 ekor rayap kasta pekerja *Cryptotermes cynocephalus* dimasukkan ke dalam pipa. Selanjutnya lubang pipa di bagian atas ditutup dengan kapas. Contoh uji dan pipa yang berisi rayap tersebut disimpan di tempat gelap selama 12 minggu dan dilakukan pengamatan setiap minggu. Setelah 12 minggu pipa dilepas dari contoh uji kemudian dilakukan perhitungan mortalitas rayap. Contoh uji dibersihkan lalu dikeringtanurkan selama 48 jam dengan suhu 103 ± 2 °C.

Perhitungan hasil pengujian ketahanan OSB

Pernyataan hasil dinyatakan dalam persen kehilangan berat (*Weight Loss*/WL) yang dihitung dengan rumus:

$$WL = \frac{W1-W2}{W1} \times 100$$

Keterangan :

WL = kehilangan berat (%)

W1 = bobot kering oven contoh uji sebelum pengumpanan (g)

W2 = bobot kering oven contoh uji setelah pengumpanan (g)

mortalitas rayap dihitung dengan menggunakan rumus :

$$MR = \frac{D}{T} \times 100$$

Keterangan:

MR = mortalitas rayap (%)

- D = jumlah rayap yang mati (ekor)
 T = jumlah rayap pekerja pada awal pengujian (ekor)

Tingkat ketahanan contoh uji dengan indikator kehilangan berat dapat ditentukan dengan menggunakan klasifikasi pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap tanah berdasarkan penurunan berat SNI 7207-2014

Kelas	Ketahanan	Kehilangan berat (%)
I	Sangat Tahan	<3.5
II	Tahan	3.5 – 7.4
III	Sedang	7.5 – 10.8
IV	Tidak Tahan	10.9 – 18.9
V	Sangat Tidak Tahan	>18.9

Tabel 3 Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap kayu kering berdasarkan penurunan berat SNI 7207-2014

Kelas	Ketahanan	Kehilangan berat (%)
I	Sangat Tahan	<2.0
II	Tahan	2.0 – 4.3
III	Sedang	4.4 – 8.1
IV	Tidak Tahan	8.2 – 28.1
V	Sangat Tidak Tahan	>28.1

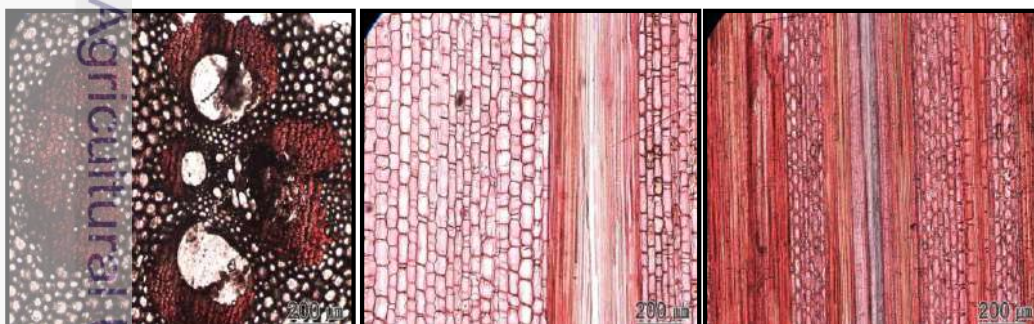
Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial. Perlakuan (faktor) A jenis bambu dengan 2 taraf (andong dan betung) dan perlakuan (faktor) B yaitu perlakuan terhadap *strand* dengan 2 taraf (tanpa *steam* dan *steam*). Masing-masing perlakuan dilakukan 4 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA), bila terdapat perbedaan nyata dilanjutkan dengan Uji Duncan (Steel dan Torrie 1995)

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Anatomi Bambu

Hasil pengamatan struktur mikroskopis pada ketiga penampang menunjukkan bahwa bambu andong (Gambar 1) memiliki vascular bundle tipe III. Vascular bundle kedua bambu ini terdiri atas central vascular strand dan satu strand. Sheat ruang intercellular (*protoxylem*) pada tipe ini umumnya lebih kecil dari tipe lainnya. Sementara itu, bambu betung (Gambar 2) memiliki *vascular bundle* tipe IV. *Vascular bundle* tipe ini terdiri atas *central vascular* dan dua *strand*.

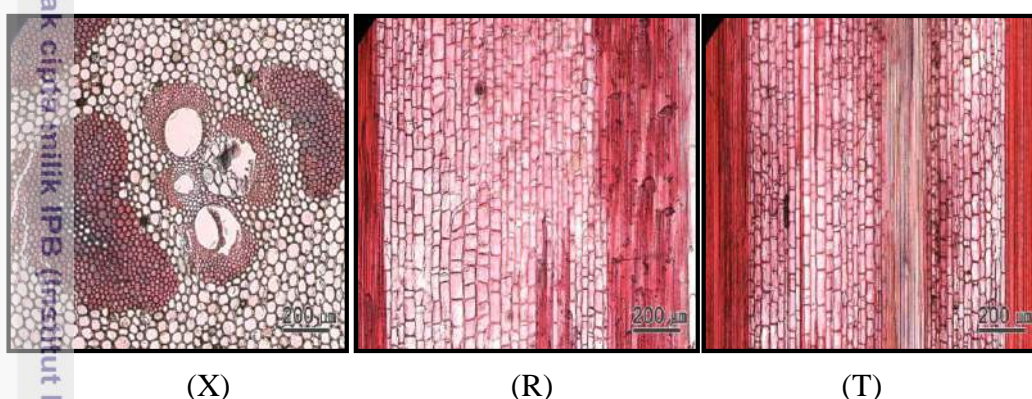


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(X) (R) (T)

Gambar 1 Struktur anatomi bambu andong (X: penampang lintang; R: penampang radial; dan C: penampang tangensial).



Gambar 2 Struktur anatomi bambu betung (X: penampang lintang; R: penampang radial; dan C: penampang tangensial).

Serat strand tersebut terdapat diluar dan didalam central strand. *Vascular bundle* pada bagian dasar ruas spesies bambu berumpun dengan *pachymorph rhizomes* (*Bambusa*, *Denrocalamus*, *Gigantochloa*, *Thyrostachys*) kebanyakan berkombinasi tipe IV sedangkan bagian tengah dan atasnya hanya tipe III (Grosser & Liese 1971).

Panjang Serat Bambu

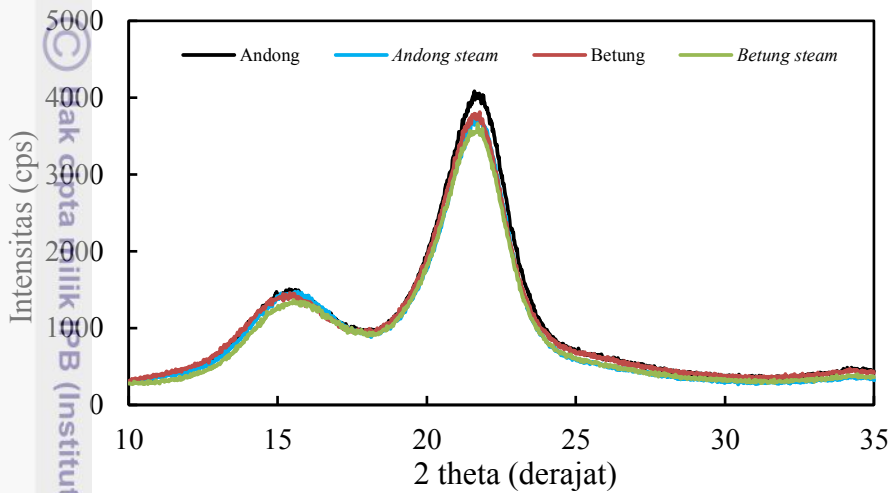
Panjang serat pada bagian dalam dan luar buluh bambu andong dan betung disajikan pada Tabel 4. Bambu andong memiliki serat yang sedikit lebih panjang dari bambu betung. Buluh bagian dalam kedua jenis bambu memiliki serat yang lebih panjang dari bagian luarnya. Pada buluh bambu, panjang serat bambu meningkat dari bagian terluar ke bagian tengah bambu dan menurun kembali ke bagian terdalam. Pada sebagian kecil bambu secara umum dijumpai panjang serat menurun dari bagian terluar ke bagian tengah. Hal tersebut didukung oleh laporan Grosser dan Liese (1971) bahwa panjang serat bagian dalam selalu lebih pendek (20-40%)

Tabel 4 Panjang serat bambu andong dan betung

Panjang serat	Bambu andong	Bambu betung
Bagian dalam (µm)	2691 (319)	2339 (352)
Bagian luar (µm)	2615 (282)	2295 (287)

Kristalinitas

Nilai kristalinitas merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kekuatan dan sifat mekanis dari produk berlignoselulosa. Nilai kristalinitas bambu andong tanpa *steam*, andong *steam*, betung tanpa *steam*, dan betung *steam* berturut-turut 77.9, 77.6, 75.4, dan 74.4% (Tabel 5). Gambar 3 menunjukkan bahwa perlakuan *steam* baik pada bambu andong maupun betung tidak mengakibatkan transformasi pada daerah kristalin, tetapi hanya menyebabkan terjadi sedikit perubahan pada derajat kristalinitas.



Gambar 3 Pola difraksi XRD dari *strand* dengan perlakuan *steam*.

Tabel 5 Kristalinitas bambu andong dan betung dengan perlakuan *steam*

Jenis bambu	Perlakuan	Peak	Kristalinitas (%)
Andong	Kontrol	21.54	77.9
	<i>Steam</i>	21.48	77.6
Betung	Kontrol	21.46	75.4
	<i>Steam</i>	21.42	74.4

Sifat Fisis Bambu Solid Andong dan Betung

Sifat fisis bambu andong dan betung disajikan pada Tabel 6. Kerapatan bambu andong lebih tinggi dibandingkan dengan kerapatan bambu betung. Nilai kerapatan tertinggi terjadi pada kondisi *apparent*, diikuti kondisi kering udara, kering oven dan kerapatan dasar.

Tabel 6 Sifat fisis dari bambu andong dan betung

Sifat fisis	Bambu andong	Bambu betung
Kerapatan (g cm ⁻³):		
Kerapatan dasar	0.61	0.57
Kerapatan kering udara	0.72	0.66
Kerapatan kering oven	0.70	0.64
Kerapatan <i>apparent</i>	0.90	0.83
Susut dari basah ke KU (%)		
Tangensial	5.44	3.38
Radial	3.96	2.76

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Susut dari KU ke kering tanur (%)		
Tangensial	1.66	2.54
Radial	1.55	2.08
Susut dari basah ke kering tanur (%)		
Tangensial	6.85	5.83
Radial	5.65	5.06
Kadar air (%)		
Basah	48.43	46.86
Kering udara	6.04	7.57

Nilai susut total dari kondisi basah ke kering oven kedua jenis bambu tersebut pada arah tangensial dan radial andong dan betung berturut-turut sebesar (6.85 dan 5.65%) dan (5.83 dan 5.06%). Tabel 6 menunjukkan bahwa susut arah tangensial kedua jenis bambu sedikit lebih besar daripada susut arah radialnya. Kadar air basah dan kering udara kedua jenis bambu tersebut berkisar antara (48,43 dan 6.04%) dan (46,86 dan 7.57%). Kadar air basah bambu andong sedikit lebih tinggi dari bambu betung. Kadar air kering udara bambu betung sedikit lebih tinggi dari bambu andong.

Geometri Strand

Strand yang dihasilkan dalam penelitian ini tergolong baik. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai SR dan AR (Tabel 7). Nilai rata-rata SR baik untuk *strand* andong maupun betung bernilai di atas 100 dan tergolong tinggi. Nilai SR berkisar 60-100 mengindikasikan bahwa *strand* tergolong sedang sampai tinggi (Febrianto *et al.* 2015). Nilai SR yang tinggi menyebabkan kontak antar *strand* yang baik sehingga dapat menghasilkan papan yang kuat (Maloney 1993). Kuklewski *et al.* (1985) mengemukakan bahwa nilai AR yang baik minimal bernilai 3. *Strand* yang dibuat dalam penelitian ini sudah memenuhi kriteria *strand* yang baik karena nilai rata-ratanya lebih dari 3 (Tabel 6).

Tabel 7 Dimensi *Strand*, AR, dan SR

Jenis Bambu	Parameter	Min.	Max.	Average ^{*)}	SD
Andong	Panjang (cm)	6.78	7.25	7.01	0.10
	Lebar (cm)	2.00	2.59	2.33	0.13
	Tebal (cm)	0.04	0.12	0.07	0.02
	SR	58.58	178.75	113.85	29.18
	AR	2.67	3.56	3.02	0.19
Betung	Panjang (cm)	6.60	8.00	6.99	0.20
	Lebar (cm)	1.75	2.60	2.32	0.17
	Tebal (cm)	0.04	0.14	0.06	0.02
	SR	48.79	183.50	115.94	29.17
	AR	2.66	4.07	3.01	0.23

Keterangan: *)Rata-rata dari 100 ulangan; SD: Standar Deviasi

Kelarutan Zat Ekstraktif

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hasil analisis kimia zat ekstraktif bambu menunjukkan kadar zat ekstraktif bambu baik untuk bambu andong maupun betung cenderung mengalami penurunan dengan dilakukannya perlakuan *steam* (Tabel 8). Perlakuan *steam* dapat menyebabkan pelonggaran pada dinding sel dan juga melunakkannya sehingga akan berdampak juga pada penurunan kadar zat ekstraktif. Selama proses *steam*, panas dan tekanan yang terjadi berdampak pada peningkatan porositas (Donohoe *et al.* 2008). Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Miranda dan Wayman (1987) bahwa *steam* dapat menyebabkan depolimerasi dan repolimerasi pada lignin. Hal ini membuat ekstraktif lebih mudah keluar dari dalam bambu sehingga terjadi penurunan kadar ekstraktif setelah dilakukannya proses *steam* pada *strand* bambu.

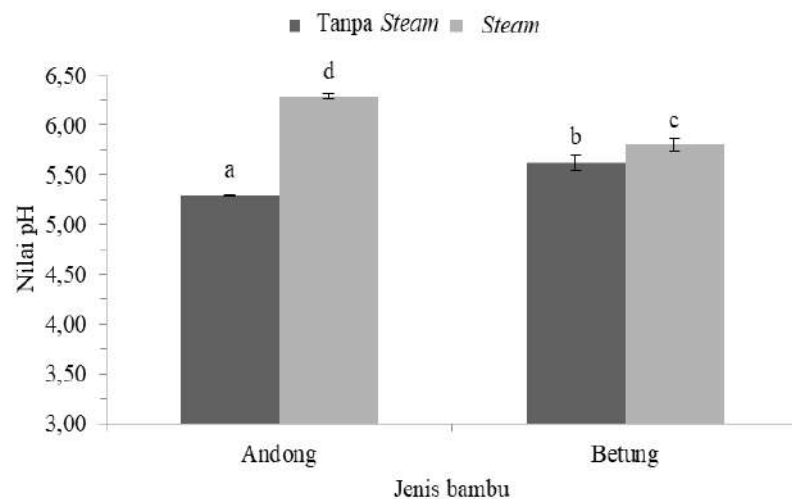
Tabel 8 Kelarutan zat ekstraktif bambu dengan dan tanpa perlakuan *steam*

Jenis Bambu	Jenis zat ekstraktif	Jenis perlakuan	
		Tanpa <i>steam</i>	<i>Steam</i>
Andong	Terlarut air dingin (%)	4.29±0.20	3.95±0.23
	Terlarut air panas (%)	5.81±0.21	5.64±0.24
	Terlarut NaOH 1% (%)	22.57±0.23	19.29±0.17
	Terlarut etanol-benzena (%)	3.20±0.17	3.11±0.18
Betung	Terlarut air dingin (%)	5.63±0.24	4.62±0.47
	Terlarut air panas (%)	7.64±0.20	6.45±0.02
	Terlarut NaOH 1% (%)	19.43±0.14	18.51±0.03
	Terlarut etanol-benzena (%)	9.09±0.17	8.89±0.17

Nilai pH *Strand* Bambu Andong dan Betung

Nilai pH *strand* bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam* berkisar antara 5.30 dan 6.29 (Gambar 4). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa jenis bambu dan perlakuan pada *strand* secara bersama-sama mempengaruhi nilai pH. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa setiap jenis bambu dan perlakuan berbeda nyata dengan jenis bambu dan perlakuan lainnya. Perlakuan *steam* pada kedua jenis bambu meningkatkan nilai pH *strand* bambu. Bambu andong tanpa *steam* memiliki nilai pH terendah dan bambu andong dengan perlakuan *steam* memiliki nilai pH tertinggi.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



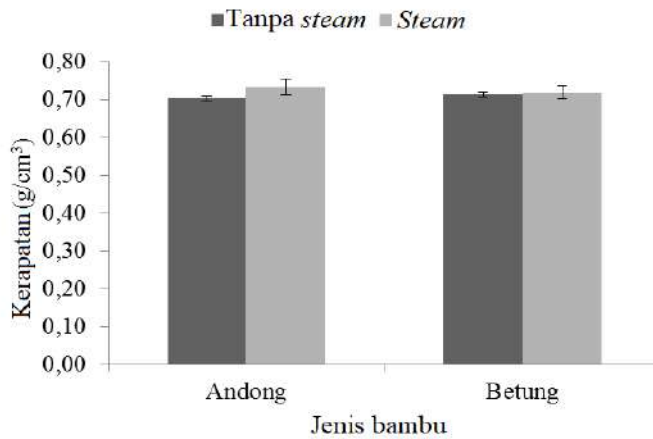
Gambar 4 Nilai pH bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*.

Nilai pH kayu berkorelasi negatif dengan kadar zat ekstraktif terlarut air panas dari bambu. Semakin tinggi kadar ekstraktif terlarut air panas maka semakin rendah nilai pH yang diperoleh (Balaban dan Ucar 2001). Peningkatan nilai pH akan meningkatkan kualitas perekatan perekat yang matang pada kondisi basa. Tingkat polimerisasi dan waktu pengerasan perekat PF akan semakin cepat pada peningkatan pH mulai dari nilai pH 8 (Pizzi *et al.* 2003). Proses perekatan yang semakin baik akan menghasilkan sifat-sifat papan komposit yang lebih baik pula.

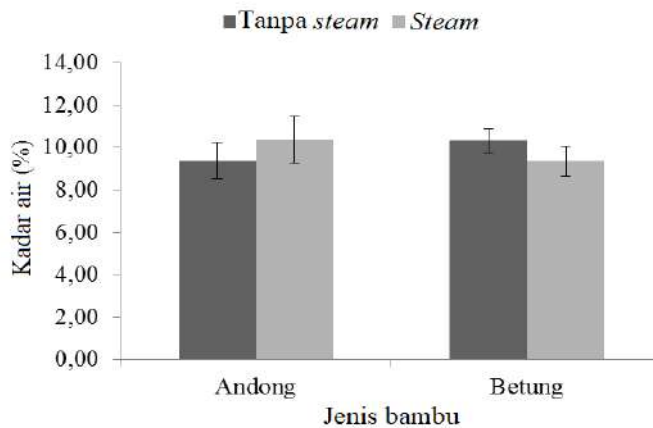
Sifat Fisis OSB Bambu Andong dan Betung

Secara umum nilai kerapatan OSB yang dihasilkan pada penelitian ini sudah memenuhi kerapatan target sebesar 0.7 g cm^{-3} baik untuk OSB terbuat dari *strand* bambu andong maupun betung. Nilai kerapatan OSB andong dan betung berturut-turut berkisar antara $0.70\text{-}0.73 \text{ g cm}^{-3}$ dan $0.71\text{-}0.72 \text{ g cm}^{-3}$ (Gambar 5). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak berpengaruh secara nyata terhadap nilai kerapatan OSB, demikian pula halnya dengan masing-masing faktor. Gambar 6 menunjukkan nilai KA OSB yang terbuat dari bambu andong dan betung yang telah dikondisikan pada suhu ruang selama 2 minggu berturut-turut berkisar $9.38\text{-}10.38\%$ dan $9.38\text{-}10.33\%$. Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak berpengaruh nyata terhadap nilai KA, demikian juga masing-masing faktor secara sendiri-sendiri. Hal ini menunjukkan produk yang dibuat memiliki KA yang homogen.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

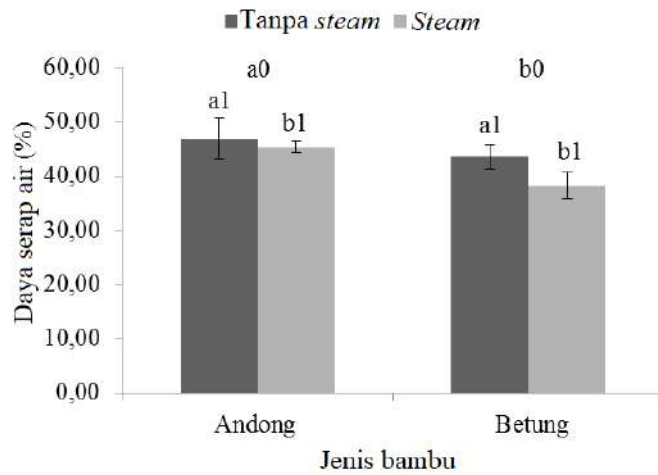


Gambar 5 Nilai kerapatan OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*.

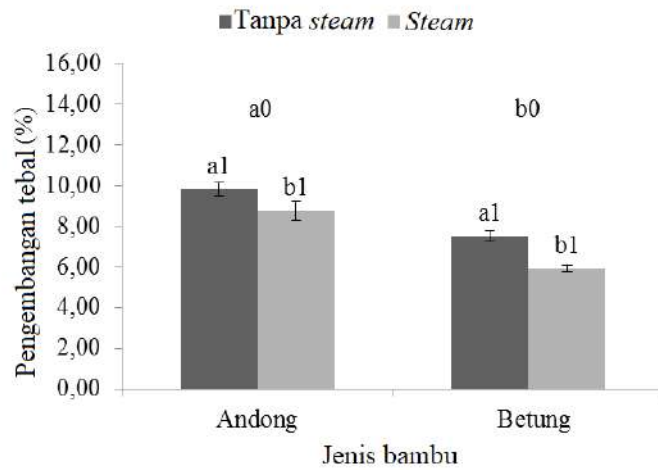


Gambar 6 Nilai KA OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*.

DSA dan PT merupakan faktor penting yang dapat digunakan untuk melihat stabilitas dimensi suatu produk komposit. DSA merupakan kemampuan papan dalam menyerap air. Hal tersebut disebabkan gaya adsorpsi yang merupakan gaya tarik molekul air pada tempat ikatan hidrogen yang terdapat pada selulosa, hemiselulosa dan lignin. Nilai DSA OSB andong dan betung setelah direndam dalam air selama 24 jam berturut-turut berkisar 45.35- 46.82% dan 38.18-43.56% (Gambar 7). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara faktor jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak berpengaruh secara nyata terhadap nilai DSA OSB. Namun masing-masing faktor memberikan pengaruh yang nyata. Nilai PT OSB bambu andong dan betung setelah direndam dalam air selama 24 jam berturut-turut berkisar antara 8.77-9.82% dan 5.91-7.50% (Gambar 8). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara kedua faktor jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak berpengaruh secara nyata terhadap nilai PT OSB. Akan tetapi, masing-masing faktor memberikan pengaruh yang nyata terhadap PT OSB.



Gambar 7 Nilai DSA OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0:faktor jenis bambu; 1:faktor perlakuan *steam*.



(b)

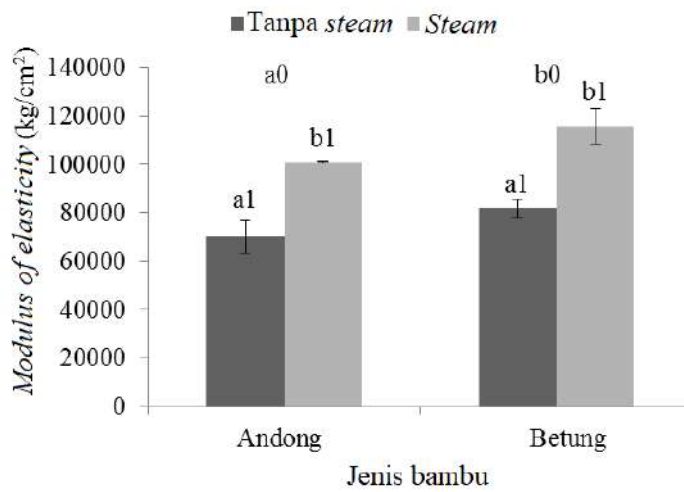
Gambar 8 Nilai PT OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0:faktor jenis bambu; 1:faktor perlakuan *steam*.

Perlakuan *steam* pada *strand* kedua jenis bambu andong dan betung menurunkan nilai DSA dan PT OSB yang dihasilkan. Hilangnya zat ekstraktif yang disebabkan perlakuan *steam* menyebabkan aksesibilitas OSB untuk menyerap air menurun. Hal ini berdampak pada rendahnya nilai DSA dan PT karena perekat semakin mudah untuk berpenetrasi ke dalam *strand* bambu. Mudahna penetrasi perekat akan meningkatkan kualitas rekat antar *strand* sehingga air akan lebih sulit untuk masuk. Nilai DSA dan PT OSB yang terbuat dari bambu betung lebih baik dibandingkan OSB yang terbuat dari *strand* bambu andong diduga disebabkan perbedaan struktur anatomi kedua jenis bambu. Bambu andong memiliki vascular bundle tipe III, sedangkan vascular bundle bambu betung adalah tipe IV yang memiliki kadar holoselulosa dan lignin yang relatif besar (Liese 1998). Selain itu

lignin sebagai perekat alami pada kayu dan bersifat termoplastik akan berguna dalam memperkuat ikatan antar serat. Hal ini akan berdampak baik terhadap papan panel termasuk dalam stabilitas dimensi. Fenomena tersebut juga dapat dijelaskan dari sifat dasar bambu andong yang memiliki susut lebih besar dibandingkan dengan bambu betung yang mengindikasikan bahwa bambu betung relatif lebih stabil (Tabel 6). Ditambah lagi perbedaan kandungan zat ekstraktif kedua jenis bambu tersebut diduga juga mempengaruhi kemampuan OSB dalam menyerap air.

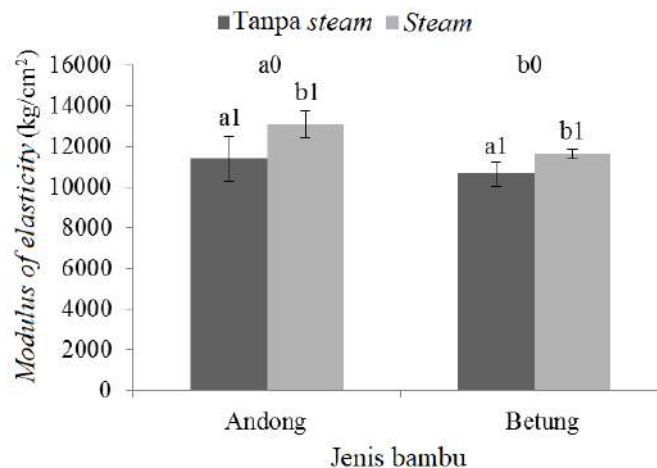
Sifat Mekanis OSB Bambu Andong dan Betung

MOE menunjukkan kemampuan bahan dalam mempertahankan bentuk asli setelah diberi pembebanan yang dapat mengubah bentuk dan ukuran benda. Nilai rata-rata MOE sejajar serat OSB yang terbuat dari bambu andong dan betung berturut-turut berkisar 70131-100965 kg cm⁻² dan 81831-115610 kg cm⁻² (Gambar 9). Nilai rata-rata MOE tegak lurus serat OSB yang terbuat dari bambu andong dan betung berturut-turut berkisar 11407-13097 kg cm⁻² dan 10662-11625 kg cm⁻² (Gambar 10). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak berpengaruh secara nyata terhadap nilai MOE baik untuk sejajar maupun tegak lurus serat. Namun, masing-masing faktor memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai MOE sejajar dan tegak lurus serat.



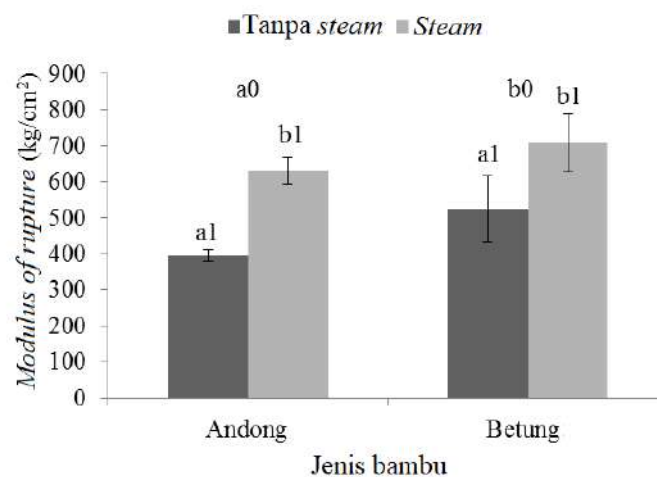
Gambar 9 Nilai MOE sejajar OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0:faktor jenis bambu; 1:faktor perlakuan *steam*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



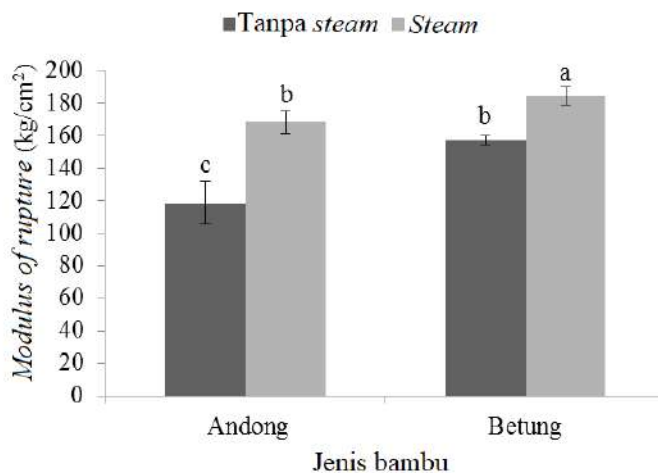
Gambar 10 Nilai MOE tegak lurus OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0: faktor jenis bambu; 1: faktor perlakuan *steam*

MOR menggambarkan kapasitas beban maksimum yang diterima oleh suatu bahan. Nilai rata-rata MOR sejajar serat OSB yang terbuat dari bambu andong dan betung berturut-turut berkisar $394-696 \text{ kg cm}^{-2}$ dan $524-763 \text{ kg cm}^{-2}$ (Gambar 11). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan masing-masing perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai MOR sejajar serat. Nilai rata-rata MOR tegak lurus serat OSB yang terbuat dari bambu andong dan betung berturut-turut berkisar berkisar $119-211 \text{ kg cm}^{-2}$ dan $157-242 \text{ kg cm}^{-2}$ (Gambar 12). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara faktor jenis bambu dan jenis perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai MOR tegak lurus serat.



Gambar 11 Nilai MOR sejajar OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0: faktor jenis bambu; 1: faktor perlakuan *steam*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



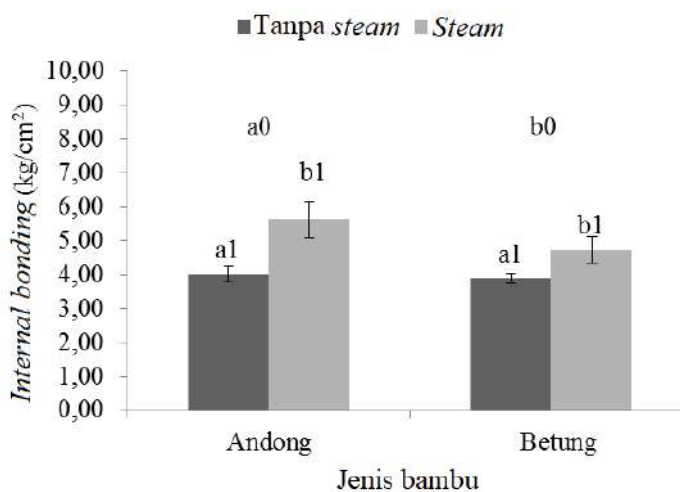
Gambar 12 Nilai MOR tegak lurus OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0: faktor jenis bambu; 1: faktor perlakuan *steam*.

Jenis bambu dan perlakuan *steam* dapat mempengaruhi keteguhan lentur baik untuk MOE maupun MOR. Perlakuan *steam* dapat menurunkan kadar ekstraktif sehingga proses perekatan menjadi lebih baik. Menurut Maloney (1993), ekstraktif dapat mengganggu penetrasi perekat dalam pembuatan produk komposit sehingga akan menghasilkan sifat mekanis yang rendah. Perlakuan *steam* pada *strand* dapat melarutkan zat ekstraktif (Tabel 8). Hal ini akan menyebabkan lebih baiknya proses perekatan yang terjadi yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai MOE dan MOR pada papan.

Perlakuan *steam* pada *strand* dalam pembuatan OSB cenderung meningkatkan nilai keteguhan lentur untuk OSB andong dan betung baik itu MOE maupun MOR untuk sejajar dan tegak lurus serat. Secara umum, OSB yang dibuat dari *strand* bambu betung memiliki nilai keteguhan lentur lebih baik dibandingkan dengan bambu andong. Hal ini diduga akibat adanya perbedaan struktur anatomi dan kerapatan pada kedua bambu tersebut. Ukuran vaskular bundle dan panjang serat akan berkorelasi positif terhadap nilai MOE dan tegangan proporsional (Latif *et al.* 1990; Nuryatin 2012). Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa bambu andong memiliki tipe vaskular bundle III, sedangkan bambu betung memiliki tipe vaskular bundle IV. Kerapatan kering udara bambu andong dan betung berturut-turut 0.72 kg cm⁻³ dan 0.66 kg cm⁻³ (Tabel 6) sementara kerapatan OSB yang dibuat 0.7 kg cm⁻³. Rasio kompresi OSB yang dibuat dari *strand* bambu betung lebih besar daripada rasio kompresi OSB yang terbuat dari *strand* bambu andong sehingga berakibat pada lebih tingginya nilai keteguhan lentur OSB yang terbuat dari *strand* bambu betung dibandingkan dengan bambu andong. Hal ini sesuai dengan penelitian Sumardi *et al.* (2006) yang mengevaluasi hubungan antara rasio kompresi dan keteguhan lentur OSB dari bambu moso.

Keteguhan rekat internal (IB) merupakan kekuatan tarik tegak lurus permukaan panel dan merupakan ukuran terbaik kualitas papan. Nilai rata-rata IB OSB yang terbuat dari *strand* bambu andong dan betung berturut-turut berkisar antara 4.01-5.62 kg cm⁻² dan 3.89-4.73 kg cm⁻² (Gambar 13). Hasil analisis

keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai nilai IB OSB. Namun, masing-masing dari faktor memberikan pengaruh yang nyata terhadap IB OSB.



Gambar 13 Nilai IB OSB terbuat dari bambu andong dan betung dengan dan tanpa perlakuan *steam*; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0:faktor jenis bambu; 1:faktor perlakuan *steam*

Respon perlakuan *steam* pada *strand* meningkatkan nilai IB baik untuk OSB yang terbuat dari bambu andong maupun bambu betung. Perlakuan *steam* dapat merubah gula bebas pada kayu menjadi furan *intermediate* dan selanjutnya dirubah menjadi furan resin yang menyebabkan peningkatan kekuatan dan stabilisasi dimensi produk yang dihasilkan (Rowell *et al.* 2002). Selain itu perlakuan *steam* juga meningkatkan pH dari *strand* sehingga proses perekatan akan berlangsung lebih baik (Gambar 5). Perlakuan *steam* pada *strand* berhasil mengurangi jumlah zat ekstraktif (Tabel 8). Zat ekstraktif sering kali menyebabkan masalah dalam pembuatan papan partikel termasuk OSB karena dapat mengganggu proses penetrasi perekat ke dalam partikel (Maloney 1993). Perlakuan *steam* dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kadar zat ekstraktif sehingga perekat lebih mudah berpenetrasi ke dalam *strand* dan kekuatan optimal akan tercapai. Namun, peningkatan nilai IB OSB yang terbuat dari bambu andong relatif lebih tajam dibandingkan dengan OSB yang terbuat dari bambu betung setelah dilakukan proses *steam*. Hal ini diduga karena setelah dilakukannya proses *steam* lebih banyak ekstraktif yang terlarut pada bambu andong dibandingkan dengan bambu betung. Zat ekstraktif terlarut NaOH 1% bambu andong berkurang lebih signifikan dibandingkan dengan pengurangan zat ekstraktif yang terjadi pada bambu betung (Tabel 8).

Ketahanan OSB terhadap Serangan Rayap

Kehilangan Berat OSB

Kehilangan berat (WL) merupakan faktor penting yang dapat digunakan untuk melihat ketahanan OSB terhadap serangan organisme perusak. Nilai rata-rata WL OSB terhadap serangan rayap tanah berkisar 2.63-6.46% (Gambar 14). Nilai rata-rata WL bambu solid andong dan betung terhadap serangan rayap tanah

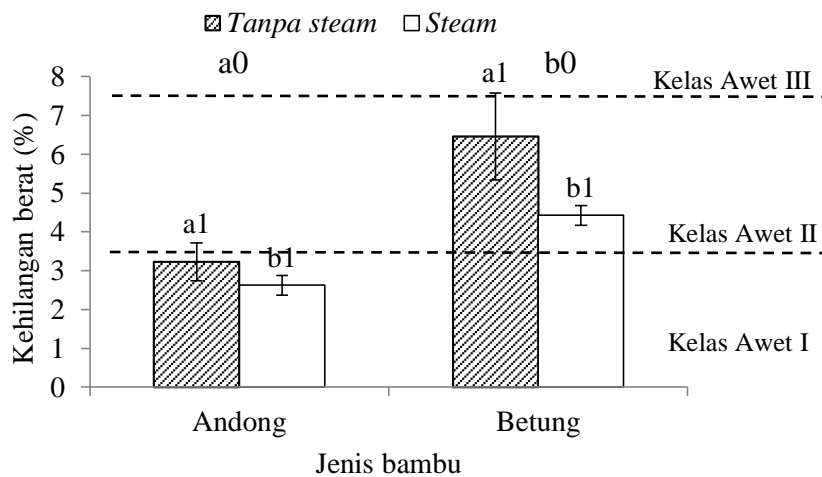
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

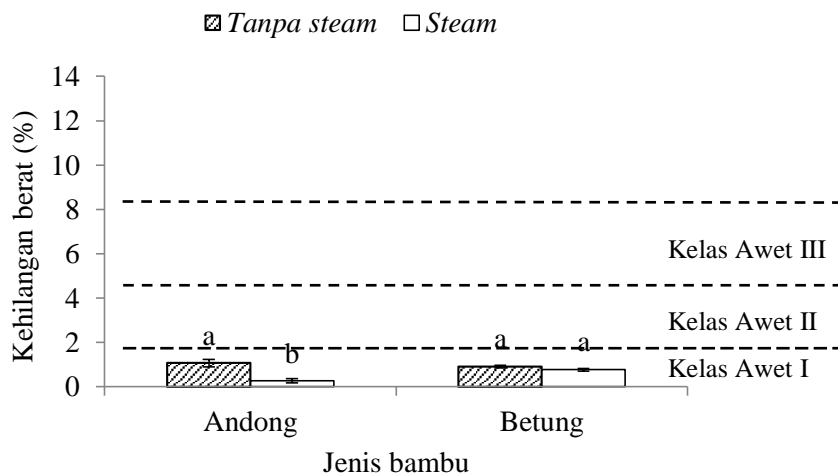
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

berturut-turut 11.66 dan 7.61%. Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* pada *strand* tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai WL akibat serangan rayap tanah. Namun, masing-masing faktor berpengaruh secara sendiri-sendiri. Nilai rata-rata WL OSB terhadap serangan rayap kayu kering berkisar 0.27-1.91% (Gambar 15). Nilai rata-rata WL bambu solid andong dan betung terhadap serangan rayap kayu kering berturut-turut 11.06 dan 10.89%. Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* pada *strand* memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai WL akibat serangan rayap kayu kering.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



Gambar 14 Nilai WL akibat serangan rayap tanah; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0:faktor jenis bambu; 1:faktor perlakuan *steam*.



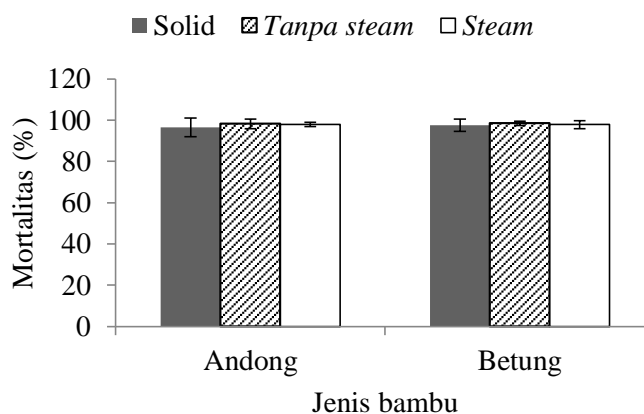
Gambar 15 Nilai WL akibat serangan rayap kayu kering; huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan berbeda secara nyata; 0:faktor jenis bambu; 1:faktor perlakuan *steam*.

Perlakuan *steam* pada *strand* dalam pembuatan OSB meningkatkan

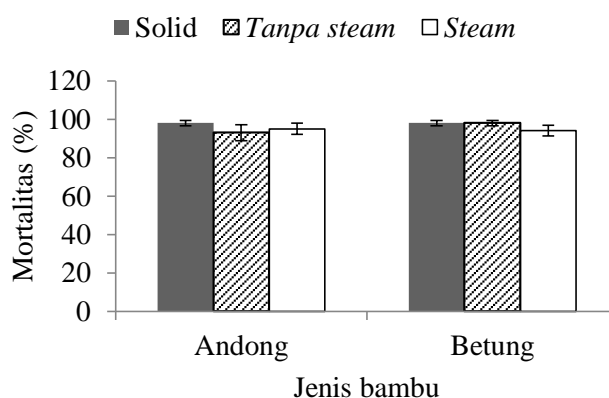
ketahanan OSB terhadap serangan rayap tanah dan rayap kayu kering. Perlakuan *steam* akan merubah gula bebas menjadi furan intermediet yang selanjutnya akan terbentuk furan resin (Rowell *et al.* 2002). Hal ini akan menyebabkan peningkatan daya rekat antar *strand*. Rayap memiliki enzim yang spesifik untuk dapat mencerna makanannya sehingga dengan terjadinya perubahan struktur gula bebas pada *strand* bambu akibat proses *steam* juga akan meningkatkan ketahanan OSB. Selain itu, perlakuan *steam* juga dapat menurunkan kadar zat ekstraktif pada bambu (Tabel 8). Ekstraktif dapat menghalangi proses perekatan, sehingga dengan berkurangnya kadar zat ekstraktif akan meningkatkan penetrasi perekat. Akibatnya, akan semakin banyak perekat PF yang mengisi ruang-ruang kosong pada bambu.

Mortalitas Rayap

Nilai mortalitas rayap tanah berkisar 96.45-98.53% (Gambar 16). Nilai mortalitas rayap kayu kering berkisar 93.00-98.00% (Gambar 17). Hasil analisis keragaman ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis bambu dan perlakuan *steam* tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai mortalitas baik untuk rayap tanah maupun rayap kayu kering, demikian juga masing-masing faktor secara sendiri-sendiri.



Gambar 16 Nilai mortalitas rayap tanah.



Gambar 17 Nilai mortalitas rayap kayu kering.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

5 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Bambu andong memiliki kerapatan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bambu betung. Bambu solid betung memiliki stabilitas dimensi lebih baik dibandingkan dengan bambu solid andong. Bambu andong memiliki tipe vaskular bundle III sedangkan bambu betung tipe IV. Geometri *strand* bambu andong dan betung yang digunakan telah memenuhi kriteria *strand* sebagai bahan baku OSB yang baik, meskipun *strand* tersebut dibuat secara manual. Perlakuan *steam* pada bambu andong maupun betung tidak menyebabkan transformasi pada daerah kristalin, tetapi sedikit menurunkan derajat kristalinitas bambu. Perlakuan *steam* pada *strand* bambu andong dan betung dapat menurunkan kadar zat ekstraktif dan meningkatkan pH sehingga stabilitas dimensi dan kekuatan OSB yang diproduksi lebih baik dibandingkan dengan OSB yang dibuat dari *strand* tanpa perlakuan *steam*. Perlakuan *steam* merupakan proses yang relatif sederhana dan murah untuk menghasilkan OSB bambu dengan stabilitas dimensi dan kekuatan yang tinggi. Selain itu, perlakuan *steam* juga dapat meningkatkan ketahanan OSB terhadap serangan rayap tanah dan rayap kayu kering. Stabilitas dimensi dan mekanis OSB yang dibuat dari *strand* bambu betung lebih baik dibandingkan bambu andong.

Saran

Pada penelitian ini telah ditemukan bahwa perlakuan *steam* memiliki respon yang baik terhadap sifat-sifat OSB bambu andong dan betung. Namun, masih terdapat perbedaan yang signifikan antara lentur sejajar dan tegak lurus. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian mengenai komposisi *shelling ratio* untuk mengatasi hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Acma LM. 2013. Comparative mechanical properties of selected bamboo species. *J Precious Eng Res and Appl.* 2(1):01-08.
- Adrin, Febrianto F, Sadiyo S. 2013. Properties of oriented strand board prepared from steam treated bamboo strands under various adhesive combinations. *JITKT.* 11(2):109-119.
- Anoyke R, Bakar ES, Ratnasingam J, Awang KB. 2016. Bamboo properties and suitability as a replacement for wood. *PJSRR.* 2(1): 64-80.
- Alam N, Rahman KS, Ratul SB, Sharmin A, Islam T, Hasan AW, Islam MN. 2015. Properties of particleboard manufactured from commonly used bamboo (*Bambusa vulgaris*) wastes in Bangladesh. *Advances in Res.* 4(3): 203-211.
- Asmah AE, Daitey ST, Steiner R. 2016. Locally produced laminated bamboo lumber: a potential substitute for traditional wood carving in Ghana. *European J Res Refl in Arts and Human.* 1(4): 01-16.
- Balaban M, Ucar G. 2001. The correlation of wood acidity to its solubility by hot water and alkali. *Holz Roh Werkst.* 59: 67-60.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Bekhta P, Niemz P. 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*. 57(5):539-546.
- Berlian NV, Rahayu E. 1995. *Jenis dan Prospek Bisnis Bambu*. Jakarta (ID): PT Penebar Swadaya.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistik Produksi Kehutanan*. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik Indonesia.
- [BSN] Standar Nasional Indonesia. 2014. *Uji Ketahanan Kayu terhadap Organisme Perusak Kayu*. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- Dixon PG, Gibson LJ. 2017. The structure and mechanics of moso bamboo material. *J. R. Soc. Interface*. 11: 1-12
- Donohoe BS, Decker SR, Tucker MP, Himmel ME, Vinzant TB. 2008. Visualizing lignin coalescence and migration through maize cell walls following thermochemical pretreatment. *Biotech Bioeng*. 101(5): 913-925.
- Fatmiasari W, Hermiati E, 2008. Analisis morfologi serat dan sifat fisis-kimia pada enam jenis bambu sebagai bahan baku pulp dan kertas. *JITHH* . 1(2): 67-72
- Febrianto F, Sumardi I, Hidayat W, Maulana S. 2017. *Papan Untai Bambu Berarah Material Unggul Untuk Komponen Bangunan Struktur*. Bogor (ID): IPB Press.
- Febrianto F, Jang JH, Lee SH, Santosa IA, Hidayat W, Kwon JH, Kim NH. 2015. Effect of bamboo species and resin content on properties of oriented *strand* board prepared from *steam* treated bamboo *strands*. *BioResources* 10(2): 2642-2655.
- Febrianto F, Gumilang A, Maulana S, Busyra I, Purwantiningsih A, 2014. Natural durability of five bamboo species against termite and powder post beetle. *JITKT* 12(2): 146-156.
- Febrianto F, Purnamasari I, Arinana, Gumilang A, Kim NH, 2013. *Steaming* effect on natural durability of bamboo oriented *strand* board against termites and powder post beetle. *JITKT* 11(2): 161-169.
- Febrianto F, Sahroni, Hidayat W, Bakar ES, Kwon GJ, Kwon JH, Kim NH. 2012. Properties of oriented *strand* board made from betung bamboo (*Dendrocalamus asper* (Schultes.f) Backer ex Heyne). *Wood Sci. Technol* 46: 53-62.
- Febrianto F, Arinana. 2012. *Pengembangan OSB Unggul Dari Bambu : Sifat Fisis, Mekanis dan Keawetan OSB pada Berbagai Kadar Perekat dengan dan Tanpa Perlakuan Steam*. Laporan Akhir Hibah Penelitian Unggulan Fakultas. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Kementerian Pendidikan Nasional. No. Kontrak 479/IT3.11/PG/2012. Bogor (ID): IPB.
- Flores JA, Pastor JJ, Gabarron AM, Blanes G, Frutos MJ. 2011. Pressure impact on common reed particleboards manufacturing procedure. *Systems Engineering Procedia* 1:499-507.
- Ganiron TU. 2014. Investigation on the physical properties and use of lumampao bamboo species as wood construction material. *Internati J Adv Science and Technol*. 72:49-62.
- Grosser D, Liese W. 1971. On the anatomy of Asian bamboo with special reference to their vascular bundles. *Wood Sci Technol*. 5(4): 290-312.
- Ibrahim MA, Febrianto F. 2013. Properties of oriented strand board (OSB) made from mixing bamoo. *J of Sci Technol* 3(9): 937-962.
- Inoue M, Norimoto M, Tanahashi M, Rowell RM. 1993. *Steam* or heat fixation of compressed wood. *Wood Fiber Sci* 25(3): 224-235.

- Iswanto AH, Febrianto F, Wahyudi I, Hwang WJ, Lee SH, Kwon JH, Kwon SM, Kim NH, Kondo T. 2010. Effect of pre-treatment techniques on physical, mechanical, and durability properties of oriented *strand* board made from sentang wood. *J of Faculty of Agricul* 55(2): 371-377.
- Jin J, Wu C, Qin D, Peng W, Sun W, Liu C, Cao X, Niu X. 2016. Decay resistance of bamboo oriented strand board pretreated with copper-based preservatives. *Bioresources*. 11(1): 1541-1553.
- [JSA] Japanese Industrial Standard. 2003. *Standards on Particleboard Japanese Standards Association*. Tokyo: Japanese Standards Association.
- [JSA] Japanese Industrial Standard. 2004. *Test Methods for Determining the Effectiveness of Wood Preservatives and Their Performance Requirements*. Tokyo: Japanese Standards Association.
- Kamdem DP, Pizzi A, Jermannaud A. 2002. Durability of heat-treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 60: 1-6.
- Korkut S, Akgül M, DüNDAR T. 2008. The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Biores Technol*. 99: 1861-1868.
- Kubojima Y, Okano T, Ohta M. 2000. Bending strength and toughness of heat-treated wood. *J of Wood Sci*. 46: 8-15.
- Kuklewski KM, Blankenhorn PR, Rishel LE. 1985. Comparison of selected physical and mechanical properties of red maple (*Acer rubrum* L.) and aspen (*Populus grandidentata* Michx.) flakeboard. *Wood Fiber Sci*. 17(1): 11-21.
- Latif AM, Wan, Tarmeze WA, Fauzidah A. 1990. Anatomical features and mechanical properties of three Malaysian bamboos. *J Trop Forest Sci*. 2(3): 227-234.
- Liese W. 1987. Proceeding of international bamboo workshop. Di dalam: Rao AN, G. Dhanarajan, CB, Sary, editor. *Anatomy and properties of bamboo. Recent research on bamboo*; 1985 Oktober 4-14; Hangzhou, China. Hangzhou (CN): Academy of Forestry, People's Republic of China & International Development Research Centre. hlm 196-208.
- Liese W. 1998. *The Anatomy of Bamboo Culm, Technical Review, International Network for Bamboo and Rattan*. Chaoyang (CN): INBAR.
- Lugt vd, Dobbelsteen vd, Janssen. 2006. An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures. *Construct Build Materials*. 20:648-656.
- Mahdavi M, Clouston PL, Asce AM, Arwade SR. 2011. Development of laminated bamboo lumber: review of processing, performance, and economical considerations. *J Mater Civ Eng*. 23:1036-1042.
- Maloney TM. 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing*. Madison (US): Forest Products Society.
- Miranda GS, Wayman M, 1987. Characterization of autohydrolysis aspen (*P. tremuloides*) lignins, Part 1. Composition and molecular weight distribution of extracted autohydrolysis lignin. Canadian. *J Chem*. 57: 1141-1149.
- Navi P, Girardet F. 2000. Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzorschung*. 54: 287-293.
- Nugroho N, Bahtiar ET, Lestari DP, Nawawi DS. 2013. Variasi kekuatan tarik dan komponen kimia dinding sel pada empat jenis bambu. *JITKT*. 11(2):153-160.
- Nurdiah EA. 2016. The potential of bamboo as building material in organic shaped buildings. *Procedia - Soc Behavi Sci*. 216:30 – 38

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Nuryatin N, 2012. Vascular bundle pattern as predictor of bamboo utilization [Disertasi]: Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Penellum M, Sharma B, Shah DU, Foster RM, Ramage MH. 2018. Relationship of structure and stiffness in laminated bamboo composites. *Construct Build Materials*. 165:241–246.
- Pizzi A, Mittal KL. 2003. *Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded*. New York (US): Marcel Dekker Inc.
- Poncsák S, Kocafe D, Bouazara M, Pichette A. 2006. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). *Wood Sci Technol*. 40: 647-663.
- Rahman N, Shing LW, Simon L, Philipp M, Alireza J, Dirk H, Ling CS, Wuan LH, Valavan, Nee SS. 2017. Enhanced bamboo composite with protective coating for structural concrete application. *Energy Procedia*. 143:167-172.
- Raj D, Agarwal B. 2014. Bamboo as a building material. *J Civil Eng Environme Technol*. 1(3):56-61.
- Rao R. 2014. Bamboo architecture for ecological living. *Internati J of Adv Resin Civil, Struct, Environme infrastruc eng develop*. 1(3): 94-100.
- Rochman A, Susanto A, Jatmiko SD. 2006. Tinjauan kekuatan alat pemegang tendon bambu dengan plat besi dan pasak baji kayu. *J eco Rekayasa*. 2(2):58-64.
- Rowell RM, Lange S, McSweeny J, Davis M. 2002. Modification of wood fiber using steam. *Proceeding of 6th Rim Bio-Based Composites Symposium: 2002* November 10-13; Oregon, United State. Oregon (US): Wood Science and Engineering Dept, Oregon State University. hlm 606-615
- Rowell RM, Lange, Todd T, S. Das, A.K. Saha, P.K. Choudhury, and M. Inoue. 1998. Di dalam: B.C Mitra, editor. Steam stabilization of jute-based composites. *Proceedings, International Seminar on Jute and Allied Fibers: Changing Global Scenario*; 1998 Februari 5-6; Calcutta, India. Calcutta (IN): CRC Press. hlm 97-108.
- Sharma P, Dhanwantri K, Mehta S. 2014. Bamboo as a building material. *J Civil Eng Research*. 3(5): 249-254.
- Sinha A, Way D, Mlasko Sd. 2014. Structural performance of glued laminated bamboo beams. *J Struct Eng*. 140(1):1-8.
- [SBA] Structural Board Association. 2005. *Oriented strand board in wood frame construction*. Ontario (CA): Structural Board Association.
- Stamm AJ, Burr HK, Burr AA, Kline. 1946. Staywood-A heat stabilized wood. *Ind Eng Chem*. 38(6):630-634.
- Steel RGD, Torrie JH. 1995. *Prinsip dan Prosedur Statistika Ed ke-2*. penerjemah; B. Sumantri, editor. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: Principles and Procedures of Statistics.
- Sumardi I, Suzuki S, Ono K. 2006. Some important properties of strand board manufactured from bamboo. *Forest Prod J*. 56(6): 59–63.
- Sumardi I, Suzuki S, Ono K. 2007. Effect of board density and layer structure on the mechanical properties of bamboo oriented strand board. *J Wood Sci*. 53:510-515
- Sutardi SR, Nadjib N, Muslich M, Jasni, Sulastiningsih IM, Komaryati S, Suprpti S, Abdurrahman, Basri E. 2015. *Informasi Sifat Dasar dan Kemungkinan Penggunaan 10 Jenis Bambu*. Bogor (ID): IPB Press Bogor.
- [TAPPI] Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 1991. TAPPI Test methods. Vol.1. Atlanta (GA): TAPPI Press.

- Valarelli ID, Battistelle G, Bueno MA, Bezerra BS, Campos CI, Alves MC. 2014. Physical and mechanical properties of particleboard bamboo waste bonded with urea formaldehyde and castor oil based adhesive. *Revista Materia*. 1(19): 1-6.
- Verma CS, Chariar VM. 2012. Development of layered laminate bamboo composite and their mechanical properties. *Composites: Part B*. 43: 1063–1069.
- Widjaya EA. 2012. The Utilization of bamboo: At present and for the future. *Proceedings of International Seminar Strategies and Challenges on Bamboo and Potential Non Timber Forest Products (NTFP) Management and Utilization*. 2011 November 23-24; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): Center for Forest Productivity Improvement Research and Development. hlm 79-85.
- Yin Y, Berglund L, Salmen L. 2011. Effect of steam treatment on the properties of wood cell walls. *Biomacromolecules* 12(1): 194-202
- Zhang Q. 1995. To scientifically and reasonably utilize Chinese bamboo resources. *Wood Process. Machin* 6(4): 23-32.
- Zhang Y, Zhu R, Yu W. 2014. Effect of steam treatment on the properties of *Phyllostachys iridescens* bamboo composite. *Cellulose Chem. Technol.* 51(12): 103-108.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 7 September 1993, anak pertama dari empat bersaudara dari keluarga Bapak Uden Subarna dan Yuyun Widianingsih. Pada tahun 2011 penulis lulus dari SMA Negeri 9 Bandung dan pada tahun yang sama penulis diterima di Program Sarjana Program Studi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor melalui jalur SNMPTN Tertulis. Selama mengikuti perkuliahan, penulis aktif dalam UKM Catur 2011-2012, Pengurus BEM Fakultas Kehutanan departemen PSDM 2012-2013, sebagai pengajar Bimbingan Belajar Al-Fattaah dalam materi Matematika dan Fisika 2013-2014. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Teknologi Kayu Lapis dan Kayu Lamina pada tahun ajaran 2014/2015, 2015/2016, dan 2017/2018. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Papan Partikel dan Papan Serat tahun ajaran 2015/2016 dan 2016/2017. Penulis juga aktif mengikuti Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan berhasil menjadi juara dalam PKM-Artikel Ilmiah 2014. Selain itu, PKM-Penelitian yang penulis ajukan juga berhasil didanai. Penulis juga aktif mengikuti lomba tingkat mahasiswa. Beberapa prestasi yang berhasil diraih oleh penulis antara lain Juara 3 Catur Fakultas Kehutanan dan Juara 2 Catur OMI IPB 2014.

Setelah menyelesaikan program sarjana penulis mengikuti Program Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) Batch II dengan Prof Dr Ir Fauzi Febrianto, Ms sebagai promotor. Selama di jenjang ini penulis aktif dalam mengikuti pertemuan ilmiah internasional baik menjadi presenter maupun mengirimkan poster ilmiah. Penulis juga melakukan publikasi di jurnal internasional bereputasi dan terindeks scopus dan jurnal nasional terakreditasi. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi dan menjadi ketua Himpunan Profesi Pascasarjana Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan (*Holzingenieur*). Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar magister sains, penulis melakukan penelitian dengan judul Sifat Fisis, Mekanis, dan Keawetan *Oriented Strand Board* Bambu dengan Perlakuan *Steam* pada *Strand* di bawah bimbingan Prof Dr Ir Fauzi Febrianto, MS; Dr Ir I Nyoman Jaya Wistara, MS; dan Ihak Sumardi, S.Hut, M.Si, Ph.D.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.