

Korelasi antara Pola Ikatan Pembuluh dengan Sifat Fisis dan Mekanis Tiga Jenis Bambu

(Correlation of Vascular Bundle Pattern with Physical and Mechanical Properties of Three Bamboo Species)

Nani Nuriyatin¹⁾, Surjono Surjokusumo²⁾

¹⁾ Program Studi Budi Daya Hutan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu
Jalan Raya Kandang Limun, Bengkulu

²⁾ Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB

Corresponding author: nani.nuriyatin@gmail.com (Nani Nuriyatin)

Abstract

The physical and mechanical properties of three species of bamboo, namely *Dendrocalamus giganteus*, *Dendrocalamus asper*, and *Gigantochloa apus* were investigated in relation to its vascular bundle pattern. As physical and mechanical properties, specific gravity, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), compressive strength parallel to grain and tension strength parallel to grain were determined, and the vascular bundle pattern was evaluated by method according to Grosser and Liese (1971). The relationship between physical and mechanical properties with the vessel bundle pattern was analyzed by regression with dummy variables. Pattern combination of vessel bundle was found on *G. apus* and *D. asper*, while *D. giganteus* has a single pattern of vessel bundle type. The difference of vascular bundle pattern did not contributed to the physical and mechanical properties of bamboo investigated, except for MOR. The difference species of bamboo and vertical position of samples contribute to the different value of compressive strength parallel to grain, whereas tension strength was only affected by bamboo species

Key words: vessel bundle pattern, physical properties, mechanical properties

Pendahuluan

Tanaman bambu merupakan tanaman serba guna bagi masyarakat Indonesia. Pentingnya tanaman bambu dalam berbagai penggunaan telah diperkenalkan di berbagai negara mulai dari makanan, kerajinan, mebel, sampai berbagai produk industri (Erakhrumen & Ogunsanwo 2009). Bambu berpotensi sebagai substitusi kayu untuk penggunaan konstruksi struktural maupun non struktural (Purwito 2008). Bambu memiliki keunggulan sebagai bahan bangunan dan merupakan salah satu

material yang sangat potensial untuk pemenuhan kebutuhan perumahan, serta telah diakui masyarakat dunia dengan terbitnya standar internasional (ISO) yang masih perlu diadaptasi untuk diterapkan di Indonesia. Adapun keunggulan bambu yang lain adalah harganya yang relatif murah, ramah lingkungan, dan ketersediaannya yang berlimpah (BMTPC 2007).

Potensi bambu yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi telah mendapatkan perhatian dari para ahli baik arsitek, peneliti biologi, peneliti bahan

dasar (material} dan lain-lain. Sifat dasar bambu yang terkait dengan penggunaannya sebagai material bangunan adalah sifat mekanisnya (Ghavami *et al.* 2003a). Dalam prakteknya, sifat mekanis sangat terkait erat dengan berat jenis (Janssen 1987, Wang *et al.* 2010). Berat jenis adalah sifat fisik yang paling penting yang mempengaruhi sifat kekakuan, kekuatan dan penyusutan, bahkan skala yang lebih luas berat jenis ini dapat menentukan penggunaan akhir bahan berkayu (Wang *et al.* 2010). Dengan demikian kedua sifat tersebut merupakan satu rangkaian yang saling terkait erat.

Terdapat berbagai jenis tanaman bambu yang dapat digunakan untuk keperluan bangunan antara lain *Dendrocalamus asper*, *D giganteus*, *Gigantochloa atroviolacea* (Suryokusumo 1997). Selama ini penggunaan bambu berdasarkan kebiasaan turun temurun. Kondisi seperti ini menyulitkan penggunaan bambu secara optimal dan tidak mudah untuk menentukan penggunaan setiap jenis bambu. Hal ini didukung dengan banyaknya bambu yang belum dikenal dan belum diketahui kesesuaian pemanfaatannya. Salah satu alternatif cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bambu adalah melalui pendekatan evaluasi pola ikatan pembuluh yang ada di setiap jenis bambu.

Bambu memiliki berbagai pola ikatan pembuluh yang bersikap khas untuk jenis bambu tertentu. Menurut Grosser dan Liese (1971) tanaman bambu memiliki 4 pola ikatan pembuluh. Jenis bambu yang selama ini dipergunakan sebagai bahan dasar konstruksi diduga umumnya memiliki pola ikatan pembuluh pola 3 atau 4 (Nuriyatin 2000). Hal ini mendasari perlunya penelitian secara mendalam tentang pola ikatan pembuluh sebagai variabel yang dapat digunakan sebagai penduga sifat mekanis bambu dan

penggunaannya sebagai bahan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara pola ikatan pembuluh dengan sifat fisik dan mekanik beberapa jenis bambu.

Bahan dan Metode

Bahan penelitian

Jenis bambu yang digunakan untuk penelitian adalah *Dendrocalamus giganteus* Wallich ex Munro, *G. apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurs dan *D. asper* (*Schultes f.*) Backer ex Heyne yang telah berumur 3-4 tahun. Sampel bambu diambil dari sekitar Fakultas Kehutanan IPB dan Kebun Raya Bogor. Sampel uji diambil dari bagian pangkal, tengah dan ujung bambu dengan tiga kali ulangan kecuali untuk *D giganteus* hanya diambil sampel bagian pangkal dan tengah batang.

Metode penelitian

Pembuatan contoh uji bobot jenis mengikuti standar ISO/TC165N314 (2001) sedangkan pembuatan contoh uji sifat mekanik terutama untuk MOE, MOR berpedoman ke ASTM D 143-94 (2000) yang dimodifikasi. Dalam hal ini tidak setiap jenis bambu memiliki ketebalan yang sama sehingga untuk mendapatkan ketebalan tertentu dilakukan proses penyambungan secara setangkup terutama dalam pembuatan sampel uji lentur. Bentuk dan ukuran keteguhan tekan sejajar serat berpedoman ke ISO/TC165N314 (2001) dengan panjang spesimen sama dengan diameter bambu terluar bahkan jika lebih kecil atau sama dengan 20 mm maka panjangnya 2 kali diameter terluar. Bentuk dan ukuran contoh uji keteguhan tarik sejajar serat berpedoman ke ASTM D 143-94 (2000) yang dimodifikasi dengan ukuran yang lebih panjang dan ketebalan sampel sesuai dengan ketebalan bambu. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bagian

Rekayasa dan Disain Bangunan Kayu Hasil Hutan Fakultas Kehutanan serta di Laboratorium Fisik dan Mekanik, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Kementerian Kehutanan. Selain itu sebagai data pendukung juga dilakukan penentuan persen serabut dengan menghitung persen serabut dalam luasan tertentu dengan alat *stereo discovery V8 merk Zeiss* dan kamera *Axio Cam M Rc 5* yang dihubungkan komputer dengan perangkat lunak *Axio Vision Rel. 4.6*.

Data dianalisis melalui pendekatan regresi dengan peubah boneka. Peubah boneka dalam analisis ini adalah 3 jenis bambu yang terwakili dalam peubah X_1 - X_2 , posisi vertikal yaitu pangkal, tengah dan ujung bambu yang terwakili dalam peubah X_3 dan X_4 , 2 pola ikatan pembuluh bambu yang terwakili dalam X_5 . Kontribusi keseluruhan peubah dianalisa dalam persamaan regresi.

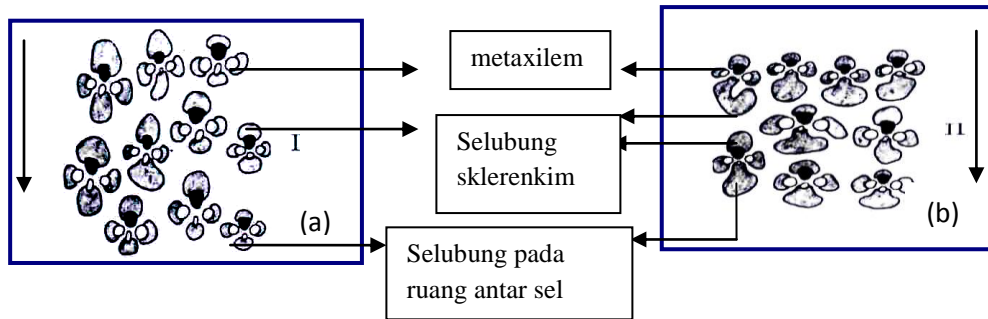
Hasil dan Pembahasan

Pola ikatan pembuluh

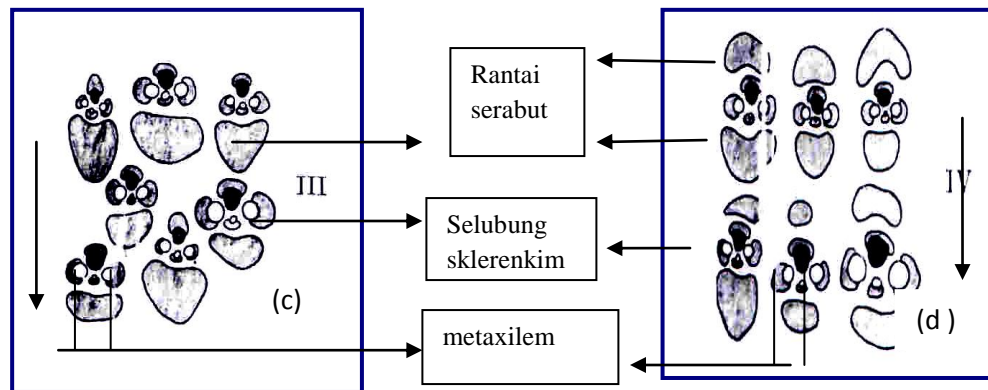
Cara penetapan pola ikatan pembuluh bambu yang diteliti ditentukan berdasarkan panduan hasil penelitian Grosser dan Liese (1971) yang digambarkan secara jelas pada Gambar 1 dan 2, sedangkan hasil penetapan pola pada bambu yang diteliti selengkapnya pada Tabel 1. Bambu-bambu yang diteliti mempunyai pola ikatan pembuluh 3 dan 4. Pola ikatan pembuluh pada *D. asper* dan *G. apus* tersusun atas 2 pola pada bagian batangnya. Bagian pangkal dan tengah *G. apus* mempunyai pola 4 sedangkan bagian ujung memiliki pola 3. Bagian pangkal batang *D. asper* memiliki pola 4, tapi bagian tengah dan ujung batang memiliki pola 3. Pola ikatan pembuluh sepanjang batang *D. giganteus* murni terdiri atas pola ikatan pembuluh 3.

Tabel 1 Pola ikatan pembuluh pada bambu yang diteliti

Jenis bambu	Bagian	Pola
<i>Gigantochloa apus</i>	Pangkal	4
	Tengah	4
	Ujung	3
<i>Dendrocalamus asper</i>	Pangkal	4
	Tengah	3
	Ujung	3
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	Pangkal	3
	Tengah	3
	Ujung	3



Gambar 1 Sketsa pola ikatan pembuluh 1 (a) dan 2 (b).



Gambar 2 Sketsa pola ikatan pembuluh 3 (c) dan 4 (d).

Berat jenis

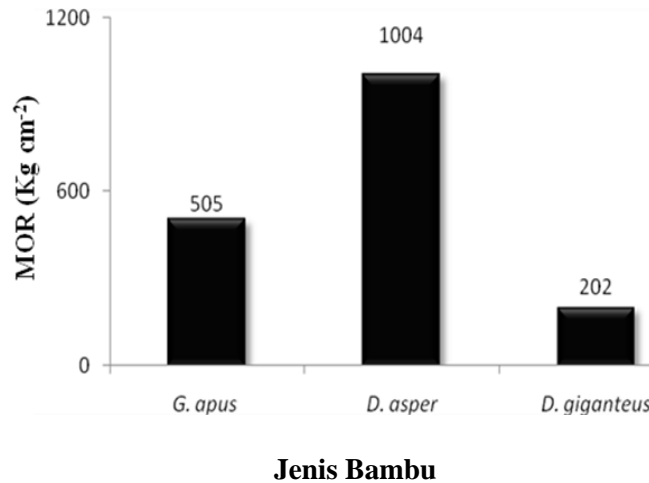
Berdasarkan hasil analisis regresi, jenis bambu, posisi vertikal dan pola ikatan pembuluh tidak memberikan pengaruh terhadap nilai berat jenis. Hal ini berarti bahwa nilai berat bobot jenis tidak dipengaruhi oleh ketiga faktor tersebut, ada faktor-faktor lain yang diduga ikut mempengaruhi nilai berat jenis. Berat jenis adalah salah sifat fisik kayu yang dihitung berdasarkan berat kering tanur sel penyusun bambu. Dalam hal ini penyusun batang bambu yang mempengaruhi nilai BJ adalah kandungan serabut baik dalam diameter maupun ketebalan dindingnya (Liese 1985, 1998). Dalam setiap pola, serabut yang berdinding tebal ada di

sekeliling metaxilem, floem maupun ruang antar sel sebagai sel sklerenkim. Pola ikatan pembuluh 3 maupun 4 relatif memiliki kandungan sklerenkim yang hampir sama walaupun memiliki jumlah rantai serabut yang berbeda. Dalam perhitungan nilai BJ yang berpengaruh adalah sklerenkim sehingga diduga tidak ada perbedaan yang mencolok dalam nilai BJ antar kedua pola sehingga hasil analisis dinyatakan tidak berpengaruh.

Nilai keteguhan lentur (*MOR*)

Uji analisa keragaman untuk respon *Y* berupa *MOR* memberikan hasil uji regresi yang bersifat sangat nyata (koefisien determinasi 85,57%).

$$Y = 890,72 - 802,890X_1 + 499,381X_2 - 464,166X_3 - 249,155X_4 - 533,11X_5 + 439,613BJ$$



Gambar 3 Nilai MOR untuk *G. apus*, *D. asper*, dan *D. giganteus*.

Variabel-variabel yang mempengaruhi nilai MOR adalah jenis bambu dan pola ikatan pembuluh. Nilai MOR antara bambu *D. giganteus*, *G. apus* dan *D. asper* berbeda nyata dengan nilai MOR berturut-turut dari yang terendah ke yang tertinggi (Gambar 3), dengan beban maksimum yang paling tinggi adalah untuk bambu *D. asper*. Hal ini terjadi karena perbedaan struktur bambu terutama adanya perbedaan penyebaran serabut yang ber dinding tebal di antara ke-3 jenis bambu.

Hasil analisis keragaman pada variabel pola ternyata antara pola 3 dan 4 memberikan nilai MOR yang berbeda nyata. Sifat-sifat mekanik bambu tergantung pada BJ (Hisham *et al.* 2003) terutama kandungan serabut (Liese 1985) dan Espiloy (1988) secara khusus lebih menekankan kepada frekuensi ikatan pembuluh. Ghavami *et al.* (2003b) menyatakan bahwa kekuatan bambu dipengaruhi oleh kandungan sklerenkim. Pengamatan terhadap nilai rata-rata keseluruhan bambu yang berpola 3 dan 4

terlihat bahwa pola 3 memiliki kandungan serabut 31,5%, sedangkan kandungan serabut pada pola 4 adalah 29,3%. Sklerenkim adalah serabut ber dinding tebal yang berada mengelilingi metaxilem, floem, dan protoxilem/ruang antar sel. Pola ikatan pembuluh 3 selain memiliki sklerenkim juga serabut dalam satu rantai serabut. Seperti halnya pola ikatan pembuluh 3, pola ikatan pembuluh 4 pun selain memiliki sklerenkim juga serabut yang berada pada 2 rantai serabut. Apabila berasumsi bahwa luasan satu rantai serabut itu sama maka kandungan sklerenkim lebih banyak berada pada pola ikatan pembuluh 3. Dengan demikian diduga bahwa hal ini memberikan kontribusi terhadap nilai MOR pola ikatan pembuluh 3 lebih tinggi dibandingkan MOR pola ikatan pembuluh 4. Persentase sklerenkim yang lebih tinggi dan penyebaran pola ikatan pembuluh akan memberikan nilai-nilai kekuatan yang tinggi pula karena dapat menahan beban yang lebih tinggi secara merata (Lo *et al.* 2008).

Modulus elastisitas (*MOE*)

Nilai modulus elastisitas tidak dipengaruhi oleh jenis bambu, posisi vertikal, pola ikatan pembuluh dan BJ. Persamaan regresi yang terbentuk tidak bersifat nyata bahkan koefisien determinasinya pun bernilai kecil, yaitu sebesar 33,47% yang berarti bahwa hanya 33,47% variasi *Y* yang dapat diterangkan oleh variabel *X* sedangkan sisanya yaitu 66,53% diterangkan oleh variabel lain selain *X*. Dengan demikian ada variabel lain yang berperan dan mempengaruhi nilai *MOE*.

Hamdan *et al.* (2009) menyatakan bahwa struktur anatomi mempengaruhi sangat kuat pada sifat-sifat mekanik. Panjang serabut berkorelasi sangat kuat terhadap nilai *MOE* (Liese 2003). Serabut tersusun atas sejumlah lapisan/lamella dengan berbagai orientasi mikrofibril. Susunan sel serabut tersebut akan memberikan

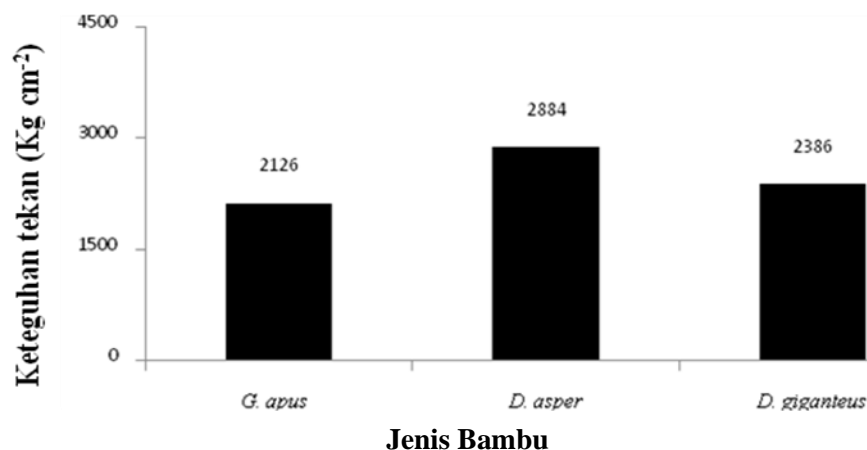
kontribusi yang tinggi terhadap fleksibilitas bambu. Informasi mengenai panjang serabut tidak muncul dalam bentuk pola ikatan pembuluh. Dengan demikian diduga hal ini yang menyebabkan pola ikatan pembuluh tidak memberikan kontribusi terhadap nilai *MOE*.

Keteguhan tekan sejajar serat

Jenis bambu dan posisi vertikal dalam batang berpengaruh terhadap keteguhan tekan sejajar serat, dengan kecenderungan dari pengaruh terendah ke yang tertinggi adalah *G. apus*, *D. giganteus* dan *D. asper* (Gambar 4).

Persamaan regresi yang membentuk hubungan antara keteguhan tekan (*Y*) dan peubah *X* memberikan hasil yang bersifat sangat nyata dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 79%.

$$Y = 3711,204 - 497,518X_1 + 757,393X_2 - 321,99X_3 - 3631,46X_4 + 894,204X_5 + 524,266BJ$$



Gambar 4 Posisi nilai keteguhan tekan sejajar serat 3 jenis bambu.

Hasil pengamatan terhadap tampilan fisik sampel uji keteguhan tekan ke-3 jenis bambu kondisi kering udara, *G. apus* memiliki dinding batang yang paling tipis (kurang lebih 0,2 cm – 0,4 cm) dan luas permukaan paling kecil serta memerlukan tekanan maksimum yang paling rendah dibandingkan bambu-bambu lain. Sementara *D. giganteus* memiliki ketebalan dinding batang kurang lebih berkisar dari 0,4 cm – 0,6 cm dengan luas permukaan paling besar dibandingkan bambu lain namun tekanan yang diperlukan sampai sampel uji rusak berada diantara tekanan bambu *D. asper* dan *G. apus*. Pada *D. asper* meskipun ketebalan dinding batangnya sekitar 0,5 cm dengan luas permukaan lebih kecil dibandingkan *D. giganteus* namun memerlukan tekanan yang paling tinggi untuk sampai pada posisi sampel rusak sehingga nilai keteguhan tekannya pun paling tinggi jika dibandingkan diantara ke-3 jenis bambu.

Kuat dugaan bahwa yang menentukan dalam keteguhan tekan selain luas

permukaan penampang juga struktur bambunya sendiri. Ditinjau dari sudut BJ nilainya tidak mendukung posisi yang ada demikian pula ditinjau dari ketebalan dinding serabut dan kerapatan. Diduga bahwa perbedaan struktur terjadi karena perbedaan kandungan dan distribusi serabut pada penampang lintang bambu. Hal ini diungkapkan pula oleh Shao *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa kekuatan tekan dipengaruhi oleh kandungan serabut dalam bambu. Pengamatan pada 2 jenis bambu khususnya *D. asper* dan *D. giganteus* pada bagian tengah (nilai keteguhan tekan pada bagian pangkal tidak sampai rusak) terlihat bahwa permukaan penampang lintang *D. asper* memiliki penyebaran serabut yang lebih tinggi dimulai dari bagian tepi hingga ke bagian dalam. Demikian juga pada bagian ujung yang tampak bahwa persen serabut bambu *D. asper* lebih tinggi (Tabel 2).

Tabel 2 Persentase serabut pada dua jenis bambu

Jenis bambu	Posisi vertikal	Posisi horizontal	% Serabut
<i>D. asper</i>	Tengah	tepi	49,105
		tengah	31,533
		pusat	30,168
		dalam	24,454
<i>D. giganteus</i>	Tengah	tepi	41,710
		tengah/pusat	21,951
		dalam	19,089
<i>D. asper</i>	Ujung	tepi	
		tengah	36,997
		pusat	32,949
		dalam	
<i>D. giganteus</i>	Ujung	tepi	49,574
		tengah/pusat	27,852
		dalam	22,363

Menurut Ghavami *et al.* (2003), daerah pada pola ikatan pembuluh memiliki kerapatan yang lebih tinggi yaitu pada sklerenkim, daerah ini mempengaruhi kekuatan. Pernyataan yang sama juga dikemukakan Jansen (1981), yaitu mengenai adanya perbedaan nilai keteguhan tekan lebih ke arah adanya perbedaan persentase sklerenkim. Mohmod *et al.* (1992) menemukan adanya korelasi positif antara ketebalan dinding sel dengan keteguhan tekan. Sklerenkim adalah serabut yang ber dinding tebal dan umumnya berposisi sebagai selubung pada rantai pembuluh pusat yang mengelilingi baik xilem maupun ruang antar sel. Dalam penelitian ini tidak dihitung persentase sklerenkim secara khusus namun penekanan perhitungan ke arah persentase serabut secara umum baik yang berposisi selubung maupun dalam rantai serabut.

Nilai keteguhan tekan pada posisi vertikal memberikan pengaruh yang nyata, sehingga berdasarkan uji Duncan terlihat bahwa nilai keteguhan tekan bagian ujung dan bagian tengah sama dan keduanya berbeda nyata dengan nilai keteguhan tekan bagian pangkal. Tampilannya dapat diamati pada Gambar 5.

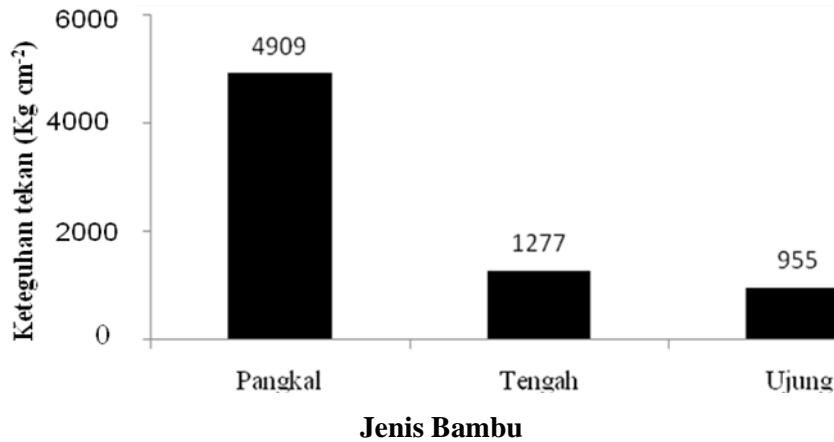
Sampel uji keteguhan tekan pada penelitian ini diperoleh dari sampel uji berbentuk potongan bambu utuh seperti silinder sehingga ukuran sampel uji terbesar adalah sampel pada bagian

pangkal dan yang terkecil ada di bagian ujung. Hasil pengujian terhadap sampel pada bagian pangkal bambu *D. asper* dan *D. giganteus* memberikan nilai keteguhan tekan yang sangat tinggi sehingga tidak sampai kepada kerusakan sampel uji karena khawatir terjadi kerusakan pada alat penguji. Sementara nilai keteguhan tekan pada bagian tengah dan ujung relatif sama. Pengujian keteguhan pada sampel uji versi lain akan memberikan hasil sebaliknya karena ukuran sampel uji dibuat tetap. Dengan demikian yang menjadi faktor pembatas dalam uji keteguhan tekan pada posisi vertikal terutama karena ukuran penampang yang berbeda sehingga luas permukaan akan berbeda pula. Adanya hasil yang sama antara bagian tengah dan ujung diduga karena perbedaan luas penampang yang relatif kecil karena umumnya perbedaan ukuran yang cukup signifikan terjadi antara bagian pangkal dengan bagian tengah atau dengan bagian ujung.

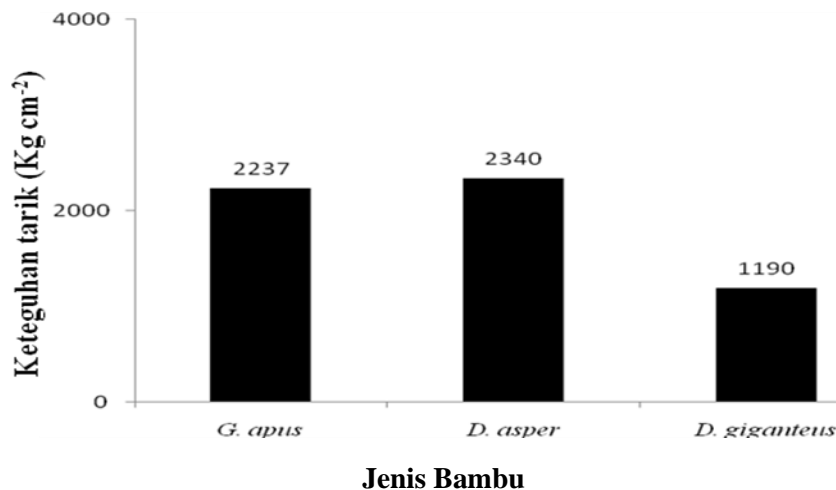
Keteguhan tarik

Persamaan yang membentuk hubungan regresi antara keteguhan tarik sebagai variabel terikat (Y) dan variabel jenis, posisi, pola dan BJ sebagai variabel X (variabel bebas) menghasilkan persamaan regresi yang bersifat sangat nyata dengan R^2 sebesar 64,13%.

$$Y = 3352,537 - 1149,293X_1 + 103,042X_2 - 325,426X_3 - 427,696X_4 - 489,731X_5 - 621,019BJ$$



Gambar 5 Posisi nilai keteguhan tekan sejajar serat pada bagian batang bambu.



Gambar 6 Posisi jenis bambu berdasar nilai keteguhan tarik.

Variabel jenis bambu memberikan pengaruh yang sangat nyata sedangkan posisi vertikal bambu dan pola ikatan pembuluh tidak memberikan kontribusi pengaruh nyata. Bambu *D. giganteus* memiliki keteguhan tarik yang paling rendah dan berbeda nyata jika dibandingkan dengan *D. asper* dan *G. apus* sedangkan nilai keteguhan tarik *G. apus* sama dengan *D. asper* (Gambar 6).

Keteguhan tarik sejajar serat antara lain sangat bergantung pada kekuatan serabut (sifat kohesi) dan susunannya dalam kayu (Wangaard 1950). Sedangkan Janssen (1981) menyatakan bahwa kekuatan tarik tergantung kepada persentase sklerenkim yang dimiliki oleh bambu. Hal ini diperkuat pula oleh Wang *et al.* (2011) yang mengemukakan bahwa sklerenkim memberikan kontribusi dalam stabilitas

kekuatan, sementara Lo *et al.* (2004) menyatakan bahwa kerapatan serabut dalam jaringan sklerenkim adalah indikator yang baik dalam pendugaan kekuatan bambu.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian ternyata nilai berat jenis (BJ) tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor yang diujikan sementara nilai MOR secara bersama-sama dipengaruhi oleh faktor-faktor yang diujikan. Uji analisa keragaman menyatakan bahwa faktor jenis bambu dan pola ikatan pembuluh memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai MOR. *D. asper* memberikan kontribusi yang terbesar terhadap nilai MOR (1004 kg cm^{-2}) sedangkan kontribusi yang terkecil diberikan oleh *D. giganteus* (505 kg cm^{-2}). Demikian pula pola ikatan pembuluh 3 memberikan kontribusi yang lebih tinggi terhadap nilai MOR (376 kg cm^{-2}) dibandingkan pola ikatan pembuluh 4 (910 kg cm^{-2}).

Nilai keteguhan lentur (MOE) tidak dipengaruhi oleh jenis bambu, posisi vertikal, pola dan BJ pada bambu. Nilai keteguhan tekan dipengaruhi oleh jenis bambu dan posisi vertikal. *D. asper* cenderung memberikan kontribusi yang tertinggi terhadap nilai keteguhan tekan sejajar serat (2884 kg cm^{-2}) dibandingkan *D. giganteus* (2386 kg cm^{-2}) dan *G. apus* (2126 kg cm^{-2}). Hasil uji yang berbeda ditunjukkan oleh kekuatan keteguhan tarik yang hanya dipengaruhi oleh jenis bambu saja. *D. asper* memberikan kontribusi yang tertinggi pada nilai keteguhan tarik (2340 kg cm^{-2}) sedangkan *D. giganteus* memberikan kontribusi yang terendah (1190 kg cm^{-2}).

Di antara berbagai jenis bambu yang diujikan, *D. asper* memiliki sifat mekanis yang tertinggi yaitu dalam nilai MOR,

keteguhan tekan sejajar serat, dan keteguhan tarik. *D. giganteus* memiliki sifat mekanis yang terendah terutama dalam nilai MOR dan keteguhan tarik. Sementara *G. apus* mempunyai nilai keteguhan tekan yang terendah dibandingkan bambu yang lain.

Hasil pengujian pada berbagai variabel yang mempengaruhi nilai sifat mekanis, pola ikatan pembuluh muncul sebagai salah satu variabel yang berpengaruh terhadap nilai MOR. MOR merupakan salah kriteria yang dipersyaratkan dalam kelas kekuatan. Hal ini berarti bahwa pola ikatan pembuluh dapat dipertimbangkan sebagai variabel yang berperan dalam sifat mekanis.

Daftar Pustaka

- [ASTM] American Society for Testing and Materials. D 143-94. 2000. *Standard test methods for small clear specimens of timber*. Philadelphia: ASTM Intl.
- [BMTPC] Building Materials & Technology Promotion Council. 2007. *The Technological base of the building materials industry bamboo in housing & building construction*. India: Ministry of Housing and Urban Proverty Alleviation, Government of India.
- Draper N, Smith H. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. Ed ke-2. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Erakhrumen AA, Ogunsawo OY. 2009. Water absorption, anti-swell efficiency, and dimensional stability properties of neem seed-oil treated wild grown *Bambusa vulgaris* Schrad. Ex J.C. Wendl. In Southwest Nigeria. *BioResources* 4(4): 1417-1429.

- Espiloy ZB, Tesoro FO. 1988. Bamboo Research in the Philippines. Di dalam: Rao R, Gnanaharan R, Sastry CB. *Bamboos Current Research Proceeding International Bamboo Workshop*, Nov. 14-18, 1988, Kerala Forest Research Institute, Kerala, India.
- Ghavami K, Rodrigues CS, Paciornik S. 2003a. Bamboo: functionally graded composite material. *J Civ. Eng.* 4 (1): 1-10.
- Ghavami K, Allameh SM, Sanchez ML, Soboyejowo. 2003b. *Multiscale study of bamboo Phyllostachys edulis*. Departement of civil engineering, Rio de Janeiro.
- Grosser D, Liese W. 1971. On the anatomy of Asian bamboos, with spesial reference to their vaskular bundles. *Wood Sci. Technol.* 5: 290-312.
- Hamdan H, Anwar UMK, Zaidon A, Tamizi MM. 2009. Mechanical properties and failure behavior of *Gigantochloa scortechinii*. *J Trop. For. Sci.* 21(4): 336-334.
- Hisham N, Mohmod AL, Sulaiman O. 2003. *Variation of moisture content and specific gravity of Gigantochloa scortechinii Gamble along the internodes sixth Height*. World Forestry Congress XII, Sept, 21-28, Quebec, Canada.
- ISO/TC165N314. 1999. *Determination of physical and mechanical properties of bamboo*. INBAR.
- Jansen JJA. 1981. The relationship between the mechanical properties and the biological and chemical composition of bamboo. Di dalam: Higuchi T, editor. *Bamboo Production and Utilization. Proceedings of the Congress Group 5.3A. Production and Utilization of Bamboo and Related Species. XVII IUFRO World Congress*. September 6 -17, 1981. Kyoto, Japan, hlm: 27-32.
- Janssen JJA. 1987. *Bamboo research at the Eindhoven*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Lybeerl B, Koch G. 2005. Lignin distribution in the tropical bamboo spesies *Gigantochloa levisia IAWA J* 26(4): 443-456.
- Liese W. 1985. Anatomy and properties of bamboo. Di dalam : Rao, A.N., Dhanarajan, G. dan Sastry, C.B, editor. *Recent Research on Bamboo. Proceedings of the International Bamboo Workshop, Hangzhou, People's Republic of China*, Oct., 6-14, 1985. Academy of Forestry, People's Republic of China & International ,Development Research Centre, Canada, hlm. 196-208.
- Liese W. 1998. The anatomy of bamboo culms. *INBAR Technology Report No 18*.
- Lo CL. 2004. The effect of fiber density on strength capacity of bamboo. *Materials latter* 58: 2595-2598.
- Mohmod AL, Amin A, Kasim J, Jusuh MZ. 1992. Effects of anatomical characteristics on the physical and mechanical properties of *Bambusa blumeana*. *J Trop. For. Sci.* 6(2): 159-170 159.
- Nuriyatin N. 2000. *Studi analisa sifat-sifat dasar bambu pada beberapa tujuan penggunaan [tesis]*. Bogor: Jurusan Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Purwito. 2008. *Standarisasi bambu sebagai bahan bangunan alternatif pengganti kayu. Prosiding PPI Standardisasi*, 25 November 2008.

- Shao ZP, Zhou L, Liu YM, Wu ZM, Arnaud C. 2010. Differences in structure and strength between internode and node section of moso bamboo. *J Trop. For. Sci.* 22(2): 133-138.
- Surjokusumo HMS.1997. Pemanfaatan bambu untuk bangunan. Dalam panel diskusi bambu, 4 Desember 1997.
- Wang XQ, Li XZ, Ren HQ. 2010. Variation of microfibril angle and density in Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*). *J Trop. For. Sci.* 22(1): 88-96.
- Wangaard FF. 1950. *The Mechanical Properties of Wood*. John Willey & Sons, Inc. New York, Chapman & Hill Limited London.
- Riwayat naskah (*article history*)
- Naskah masuk (*received*): 27 November 2009
Diterima (*accepted*): 3 Maret 2010