

**Keragaman Genetik Pertumbuhan dan Hubungannya dengan  
Penetrasi Pilodyn pada Uji Provenansi-Keturunan Jabon  
(*Neolamarkcia cadamba* (Roxb) Bosser) di Parung Panjang, Bogor)  
(*Genetic Variation of Growth and Its Relationship with Pilodyn  
Penetration on Provenance-Progeny Trial of Jabon (*Neolamarkcia  
cadamba* (Roxb) Bosser) at Parung Panjang, Bogor)*)**

Nelly Anna<sup>1,2</sup>, Iskandar Z Siregar<sup>2\*</sup>, Supriyanto<sup>2</sup>, Lina Karlinsari<sup>3</sup>, Dede J Sudrajat<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departemen Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara, Medan

<sup>2</sup>Departemen Sivikultur Tropika, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, IPB

<sup>3</sup>Departemen Tehknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, IPB

<sup>4</sup>Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan Bogor

\*Penulis korespondensi: [izsiregar@gmail.com](mailto:izsiregar@gmail.com)

**Abstract**

Jabon (*Neolamarkcia cadamba* (Roxb) Bosser) is a fast growing and preferred species as material for various wood industries. However, the growth and quality information of its wood is still limited. This study aims to assess the characteristics of growth, physical properties of wood, genetic parameters of growth and physical properties of wood, and its relationship with pilodyn penetration on provenance-progeny trial of jabon in Parung Panjang, Bogor. Measurement of growth characteristics was performed on height and diameter at breast height (DBH), whereas the physical properties of wood (density, specific gravity, and moisture content) were performed using core samples (destructive methods) and density estimation with pilodyn (nondestructive method). Statistical analysis explains that there are significant differences between provenances in height, diameter, pilodyn penetration, density, and specific gravity, except for moisture content. The mean of plant survival percentage of 36 months old jabon was 52.8%. The relationship between growth character and the physical properties of wood with pilodyn penetration is negative and weak, except in moisture content, positive but weak. The estimation of individual heritability value ranges from 0.011 to 0.183, while heritability of the family ranges from 0.017 to 0.308.

**Keywords:** growth, heritability, jabon, physical properties, pilodyn penetration

**Abstrak**

Jabon (*Neolamarkcia cadamba* (Roxb) Bosser) merupakan jenis cepat tumbuh dan banyak diminati sebagai bahan baku berbagai industri kayu. Namun informasi pertumbuhan dan kualitas kayunya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik pertumbuhan dan sifat fisis kayu, parameter genetik pertumbuhan dan sifat fisis, serta hubungannya dengan penetrasi pilodyn pada tegakan uji provenansi-keturunan jabon di Parung Panjang, Bogor. Pengukuran karakteristik pertumbuhan dilakukan pada tinggi dan diameter pohon, sedangkan sifat fisis kayu (kerapatan, berat jenis, dan kadar air) dilakukan menggunakan sampel *cores* (metode destruktif) dan pendugaan kerapatan kayu dengan pilodyn (metode nondestruktif). Analisis statistik menjelaskan terdapat perbedaan nyata antar provenansi untuk tinggi, diameter, penetrasi pilodyn, kerapatan, dan berat jenis, kecuali kadar air. Rata-rata persentase hidup jabon umur 36 bulan adalah 52,8%. Hubungan antara karakter pertumbuhan dan sifat fisis kayu dengan penetrasi pilodyn adalah negatif dan lemah, kecuali pada kadar air, positif tetapi lemah.

Pendugaan nilai heritabilitas individu berkisar 0,011-0,183, sementara heritabilitas famili berkisar 0,017-0,308.

**Kata kunci:** heritabilitas, jabon, penetrasi pilodyn, pertumbuhan, sifat fisis

### Pendahuluan

Jabon merupakan jenis cepat tumbuh multiguna, yang tersebar secara alami di Australia, Cina, India, Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Filipina, Singapura, dan Vietnam (Orwa *et al.* 2009). Di Indonesia, jabon tersebar secara alami hampir di seluruh wilayah, terutama di pulau-pulau besar, seperti Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara dan Papua (Sudrajat *et al.* 2016). Kayu jabon berwarna putih-kekuningan, termasuk kelas kuat III-IV, dan kelas awet V dengan berat jenis  $0,42 \text{ g cm}^{-3}$  sehingga kayunya dapat digunakan sebagai bahan baku kayu lapis, vinir, *pulp*, dan konstruksi ringan (Soerianegara & Lemmens 1993). Bagian tanaman jabon lainnya seperti; ekstrak kulit kayu dan daun dapat digunakan sebagai bahan baku obat antimalaria (Sianne & Fanie 2002), antidiare (Alam *et al.* 2008), analgesik (Ambujakshi *et al.* 2009), antidiabetes (Archaryya *et al.* 2010), hypoglycemic (Archaryya *et al.* 2010) antifungal (Patel *et al.* 2011), antitumor dan antioksidan (Dolai *et al.* 2012). Pertumbuhan yang cepat dan banyaknya manfaat potensial dari jabon, telah menjadikan jenis ini banyak diminati untuk pembangunan hutan rakyat, hutan tanaman, dan rehabilitasi lahan. Saat ini, tanaman jabon mulai memberikan kontribusi bagi penyedia bahan baku untuk industri kayu yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan menurunnya pasokan kayu dari hutan alam.

Informasi mengenai pertumbuhan dan kualitas kayu jabon sangat diperlukan

untuk meningkatkan kualitas produk dan kesesuaian sifat kayu sesuai dengan kebutuhan industri yang berkembang di Indonesia. Pertumbuhan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, genetik, dan interaksinya. Beberapa studi telah melaporkan perbedaan pertumbuhan antar genotipe/provenansi, seperti pada *Eucalyptus viminalis* (Cappa *et al.* 2010), *Paraserianthes falcataria* (Hadiyan 2010), *Araucaria cunninghamii* (Setiadi & Susanto 2012, Setiadi & Fauzi 2015), *Instia bijuga* (Ismail 2014), dan jabon (Yudohartono 2013, Sudrajat *et al.* 2016). Perbedaan pertumbuhan juga merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kualitas kayu. Pada tingkat provenansi, perbedaan pertumbuhan juga berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik kayu, seperti yang dilaporkan Nurwati (2007) pada jenis *Acacia mangium*. Pada beberapa jenis kayu keras, kerapatan kayu dengan tinggi berasosiasi dengan pertumbuhannya (Zobel & van Buijtenen 1989, Saranpää 2003, Moya & Tomazello 2007). Studi pada jenis *Eucalyptus camaldulensis* menunjukkan hasil yang tidak nyata dalam berat kering oven dan kerapatannya antara tanaman dengan pertumbuhan cepat dan lambat (Malik & Abdelgadir 2015). Menurut Jayawardana & Amarasekara (2008) dan Kojima *et al.* (2009), perbedaan laju pertumbuhan mempunyai pengaruh yang kecil terhadap kualitas kayu jenis-jenis daun lebar (*hardwoods*). Bagaimanapun juga, pengkajian kuantitatif hubungan antara pertumbuhan dan kualitas kayu ini masih terbatas dan sangat diperlukan untuk mendukung pengelolaan hutan tanaman secara efektif.

Pendugaan kualitas kayu pada masa sekarang sudah dapat dilakukan pada pohon berdiri, dengan metode nondestruktif, salah satunya menggunakan pilodyn. Pilodyn® merupakan alat yang sederhana, mudah digunakan, cepat sehingga lebih menghemat waktu, tidak merusak pohon, serta bebas dari bias operator (Cown 1978, Hansen 2000). Penggunaan pilodyn dalam menduga kualitas kayu telah dilaporkan oleh Cown (1978), Rozenberg & Sype (1996), Wang *et al.* (2000), Kien *et al.* (2008), Fukatsu *et al.* (2011), Kha *et al.* (2012), Warriar & Venkataraman (2014). Di Indonesia baru dilaporkan pada 2 jenis tanaman, yaitu pada *Agathis* sp (Ishiguri *et al.* 2012) dan *Tectona grandis* (Hidayati *et al.* 2013). Penggunaan pilodyn untuk jenis-jenis tanaman hutan tropis di Indonesia masih perlu dikaji dengan mengkorelasikannya dengan uji sifat fisis kayu secara langsung.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik pertumbuhan dan sifat fisis kayu, parameter genetik pertumbuhan dan sifat fisis kayu, serta hubungannya dengan penetrasi pilodyn pada tegakan uji provenansi-keturunan jabon umur 36

bulan di Parung Panjang, Bogor. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan informasi keragaman pertumbuhan dan kualitas kayu dari beberapa provenansi dan famili jabon yang mampu mendukung pengembangan dan pemanfaatan kayu jabon lebih produktif sesuai dengan karakteristik masing-masing provenansi dan kebutuhan industri.

### Bahan dan Metode

Penelitian karakteristik pertumbuhan dan kualitas kayu jabon dilakukan di plot uji provenansi-keturunan jabon di Hutan Penelitian Parung Panjang, Bogor, Indonesia, yang dibangun atas kerjasama Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan (BPTPTH) Bogor dengan Fakultas Kehutanan IPB Bogor, dan SEAMEO BIOTROP pada tahun 2013. Plot uji provenansi-keturunan tersebut menggunakan materi genetik dari 12 provenansi dengan 105 famili, dan tiap famili terdiri atas 4 individu pada tiap bloknya (*4-row treeplot*), terdiri atas 5 blok. Jarak tanam yang diterapkan adalah (3 x 3) m<sup>2</sup>.

Tabel 1 Deskripsi geografis 12 provenansi jabon yang diuji

Lokasi	Lintang	Bujur	Ketinggian tempat, m dpl	Jumlah famili
Rimbo Panti, Sumatera	00°19" U	100°05" E	294	2
Kampar, Sumatera	00°18" U	100°57" E	50	14
Ogan Komering Ilir, Sumatera	03°12" S	104°51" E	23	11
Garut Selatan, Jawa	07°26" S	107°42" E	628	8
Nusa Kambangan	07°43" S	108°55" E	40	7
Alas Purwo, Jawa	08°38" S	114°21" E	33	11
Kapuas Tengah, Kalimantan	01°00" S	114°28" E	147	2
Batu Licin, Kalimantan	03°19" S	115°41" E	47	4
Gowa, Sulawesi	05°14,, S	119°35" E	119	15
Pomalaa, Sulawesi	04°03" S	121°39" E	210	22
Batu Hijau, Sumbawa	08°58" S	116°48" E	53	8
Kuala Kencana, Papua	04°24" S	136°52" T	107	1

Sumber: Sudrajat *et al.* (2016)

Tabel 2 Kondisi lingkungan plot uji provenansi-keturunan jabon di Parung Panjang, Bogor, Jawa Barat

Karakteristik	Parung Panjang, Bogor
Letak geografis	06°27' LS, 106°0' BT
Ketinggian tempat, m dpl	52
Curah hutan, mm tahun <sup>-1</sup>	2990
Suhu rata-rata	28
pH tanah	Masam-sangat masam
Drainase	Sedang, meskipun terjadi genangan air yang diamati pada saat hujan deras
Keterangan lain	Area merupakan kawasan khusus untuk penelitian, relatif datar, pertumbuhan gulma sangat cepat setelah perbersihan
Kimia tanah:	
KCl	Netral
C-Organik (Walkey&Black)	Rendah-tinggi
N-total (Kjeldahl)	Sedang
P (Bray I)	Rendah
P (HCl 25%)	Tinggi-sangat tinggi
Ca	Rendah-sedang
Mg	Sedang-tinggi
K	Rendah dan tinggi
Na	Rendah dan sedang
KTK	Sedang-sangat tinggi
KB	Sangat rendah-rendah

### Pengukuran karakteristik pertumbuhan

Pengukuran karakteristik pertumbuhan dilakukan secara sensus, dengan mengukur tinggi total menggunakan galah berskala numerik dan diameter setinggi dada (1,3 m) menggunakan kaliper.

### Pendugaan kerapatan kayu dengan pilodyn (penetrasi pilodyn)

Penetrasi pilodyn dilakukan secara sensus menggunakan Pilodyn® (kekuatan = 6 J, diameter pin = 2,5 mm; Proceq). Penetrasi pilodyn dilakukan pada ketinggian setinggi dada (1,3 m) pada 3 posisi untuk tiap pohon tanpa membuang kulit kayu. Jarak antara tiap penetrasi adalah 120° (Hansen 2000).

### Pengujian sifat fisis kayu (kerapatan, berat jenis, kadar air) menggunakan sampel *cores*

Pengujian sifat fisis kayu dilakukan dengan mengambil sampel *cores* (diameter 5 mm) secara sensus pada ketinggian 1,3 m. Sifat kayu yang diuji adalah kerapatan ( $\rho$ ), berat jenis (BJ), dan kadar air (KA). Standar yang digunakan mengacu pada ASTM D 4442-92 (Reapproved 2003) *Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials* dan ASTM D 2395-02 *Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials*. Persamaan yang digunakan untuk menghitung masing-masing sifat yang diuji adalah:

$$KA \% = \frac{(EB - BKT)}{BKT} \times 100\%$$

$$\rho = \frac{BB}{VB}$$

$$BJ = \frac{BKT}{VB} : \rho \text{ air}$$

Keterangan: BB = berat contoh uji kondisi segar (g), BKT = berat contoh uji kondisi kering tanur, merupakan berat konstan (g), dan VB = volume contoh uji kondisi segar (cm<sup>3</sup>)

### Analisis data

Analisis dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara provenansi dan interaksi antara faktor genotip dan lingkungan pada karakteristik pertumbuhan (tinggi dan diameter), penetrasi pilodyn, dan sifat fisis kayu dengan menggunakan program SAS 9.4 for windows. Model ANOVA yang digunakan adalah:

$$Yijkl = \mu + Ri + Pj + F(P)k(j) + RPij + RF(P)ik(j) + El(ijk)$$

dimana:  $Yijkl$  adalah nilai fenotipe individu ke- $l$  famili ke- $k$  provenansi ke- $j$  dalam blok (ulangan) ke- $i$ ;  $\mu$  = nilai rata-rata umum;  $Ri$  adalah pengaruh acak dari blok ke- $i$ ;  $Pj$  adalah pengaruh acak dari provenansi ke- $j$ ;  $F(P)k(j)$  adalah pengaruh acak famili ke- $k$  dalam provenansi ke- $j$ ;  $RPij$  adalah pengaruh interaksi antara blok ke- $i$  dan provenansi ke- $j$ ;  $RF(P)ik(j)$  adalah interaksi antara blok ke- $i$  dan famili ke- $k$  di dalam provenansi ke- $j$ ;  $El(ijk)$  adalah pengaruh acak individu ke- $l$  famili ke- $k$  dalam provenansi ke- $j$  dalam blok ke- $i$ ;  $i = 1, \dots, b$  ( $b$  adalah jumlah blok);  $j = 1, \dots, p$  ( $p$  adalah jumlah provenansi);  $k = 1, \dots, f$  ( $f$  adalah jumlah famili);  $l = 1, \dots, n$  ( $n$  adalah jumlah pohon per famili).

Heritabilitas diduga dari komponen ragam (Falconer & Mackay 1996). Heritabilitas rata-rata individu dan famili untuk setiap karakter diukur

menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$h^2i = m^2 \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 U} = 4 \frac{\sigma^2 F(P)}{\sigma^2 U}; h^2f = \frac{\sigma^2 F(P)}{\sigma^2 fm}$$

dimana  $h^2i$  = heritabilitas individu,  $\sigma^2 A$  = ragam genetik aditif,  $4 \sigma^2 F(P)$  = komponen ragam antar famili di dalam provenansi,  $\sigma^2 U$  = adalah ragam fenotipe yang dihitung sebagai,  $\sigma^2 U = \sigma^2 F(P) + \sigma^2 RF(P) + \sigma^2 e$ , dimana  $\sigma^2 F(P)$  = ragam yang disebabkan oleh interaksi antara blok dan famili di dalam provenansi (*experimental error*),  $\sigma^2 e$  = ragam antar individu dalam famili (*sampling error*),  $h^2f$  = heritabilitas famili,  $\sigma^2 fm$  = ragam fenotipe famili yang dihitung sebagai  $\sigma^2 fm = \sigma^2 F(P) + (k2/k3) \sigma^2 RF(P) + (1/k3) \sigma^2 e$ , dimana  $k2$  dan  $k3$  adalah koefisien untuk  $\sigma^2 RF(P)$  dan  $\sigma^2 F(P)$  dalam kuadrat tengah yang diharapkan.

Kemajuan genetik diduga dengan menggunakan rumus Falconer (1981):

$$KGH = i \times h^2 \times \sigma p$$

Dimana KGH = kemajuan genetik harapan yang diperoleh sehubungan dengan pemakaian metode seleksi tertentu,  $i$  = intensitas seleksi pada tingkat 30, 50, dan 70%,  $h^2$  = heritabilitas (heritabilitas individu atau heritabilitas famili), dan  $\sigma p$  = simpangan baku fenotipik.

### Hasil dan Pembahasan

#### Karakteristik pertumbuhan dan sifat fisis kayu jabon

Rata-rata persentase hidup 12 provenansi jabon umur 36 bulan adalah 52,82%, dengan kisaran 37,50- 70,00%. Hasil ini diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang berbeda antara asal 12 provenansi dengan lokasi penanaman. Kondisi tapak 12 provenansi jabon sangat beragam. Pada umumnya berada

pada daerah-daerah dengan ketinggian di bawah 150 m dpl, kecuali provenansi Rimbo Panti, Garut Selatan, dan Pomalaa. Rata-rata curah hujan tahunan juga berbeda yaitu berkisar 1500-3500 mm Sudrajat *et al.* (2015). Persentase hidup 12 provenansi jabon mengalami penurunan dari umur 12-36 bulan. Sudrajat *et al.* (2016) melaporkan bahwa rata-rata persentase hidup 12 provenansi pada umur 12 bulan adalah 72,7%, dengan persentase hidup tertinggi dijumpai pada provenan Pomalaa, diikuti provenansi Rimbo Panti, Gowa, Batu Hijau, dan yang terendah adalah provenansi Batu Licin. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Cappa *et al.* (2010) bahwa persentase hidup uji provenansi *Eucalyptus viminalis* adalah 58% pada umur 36 bulan

Provenansi yang memiliki persentase hidup paling tinggi adalah provenansi Rimbo Panti (70,00%), diikuti Kapuas Tengah (63,75%), Pomalaa (55,45%) dan yang paling rendah adalah provenansi Batu Licin (37,50%). Perubahan ranking persentase hidup 12 provenansi dari umur 12 - 36 bulan menandakan sifat yang belum stabil pada umur 36 bulan. Persentase hidup menggambarkan kemampuan beradaptasi tanaman terhadap lingkungan barunya, dan

merupakan faktor yang paling penting untuk diketahui dalam uji keturunan dan uji provenansi (Hawtin *et al.* 1997). Belum konsistennya rangking provenansi pada plot uji juga ditemukan pada penelitian Ismail (2014) pada *Instia bijuga* umur 1, 2, 3, dan 6 tahun. Begitu juga halnya dengan penelitian Hadiyan (2010) bahwa pada plot uji provenansi-keturunan sengon umur 6 bulan dan 12 bulan terjadi perubahan rangking persentase hidup.

Hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan nyata antar provenansi dan antar famili di dalam provenansi untuk tinggi, diameter, penetrasi pilodyn, kerapatan, dan berat jenis, kecuali kadar air yang menunjukkan tidak berbeda nyata antar provenansi, antar famili di dalam provenansi, dan interaksi antara blok dengan famili di dalam provenansi (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa pada plot uji provenansi-keturunan jabon memiliki keragaman genetik antar provenansi dan antar famili di dalam provenansi yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk dilakukan seleksi dan memberikan peluang untuk meningkatkan perolehan genetik.

Tabel 3 Rekapitulasi hasil analisis ragam parameter tinggi, diameter, penetrasi pilodyn, kerapatan, berat jenis, dan kadar air pada uji provenansi-keturunan jabon umur 36 bulan

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah					
		Tinggi, m	Diameter, cm	Penetrasi Pilodyn, cm	Kerapatan, g cm <sup>-3</sup>	Berat jenis	Kadar air, %
R	4	143.73**	245.89**	2.18**	0.06**	0.13**	16696**
P	11	7.52**	16.62**	0.67**	0.05**	0.025**	2672.57 <sup>ns</sup>
F(P)	93	5.08**	10.08**	0.20**	0.02**	0.006**	1294.14 <sup>ns</sup>
R*P	42	4.87**	9.95**	0.22**	0.02**	0.009**	2038.17**
R*F(P)	286	3.36**	8.72**	0.16**	0.02**	0.006**	1158.76 <sup>ns</sup>
E	631	1.52	4.2	0.07	0.01	0.004**	1052.22

Keterangan: R = blok (ulangan), P = provenansi, F(P) = famili di dalam provenansi, R\*P = interaksi blok dengan provenansi, R\*F(P) = Interaksi blok dengan famili di dalam provenansi, E = galat/sisa, \*\* = berpengaruh nyata pada  $P < 0,05$ , ns = tidak berpengaruh nyata

Perbedaan nyata antar provenansi dan antar famili di dalam provenansi pada karakter pertumbuhan jabon umur 12 bulan pada plot uji provenansi-keturunan jabon juga telah dilaporkan oleh Sudrajat (2016), kecuali pada peubah diameter, tidak berbeda nyata. Perbedaan nyata antar famili pada karakter pertumbuhan jabon umur 8 bulan asal Sumbawa juga telah dilaporkan Yudohartono (2013). Hal yang sama juga dilaporkan oleh Setiadi dan Susanto (2012) pada *Araucaria cunninghamii*, *Instia bijuga* umur 5 tahun (Adinugraha *et al.* 2014). Hasil pertumbuhan, penetrasi pilodyn, dan sifat fisis kayu jabon bukan berasal dari genetik saja, melainkan merupakan hasil dari interaksi antara genetik dengan lingkungan. Hal ini memberi peluang untuk memperoleh peningkatan genetik pada generasi berikut.

Rata-rata pertumbuhan, penetrasi pilodyn, dan sifat fisis kayu jabon umur 36 bulan pada plot uji provenansi-keturunan belum dapat dikatakan sejalan, dalam artian pertumbuhan baik kualitas kayunya juga baik. Hal ini dapat diperhatikan pada Gambar 2, pertumbuhan diameter terbaik adalah provenansi Kuala Kencana, tetapi penetrasi pilodynnya merupakan yang paling kurang bagus (besar), rata-rata berat jenisnya berada pada nomor urut 8 dari yang terbaik, dan kerapatan kayunya berada pada nomor urut 11 dari yang terbaik. Hal ini menjelaskan bahwa kondisi kayu masih lunak, karena masih dalam masa laju pertumbuhan. Sementara rata-rata untuk peubah penetrasi pilodyn dan berat jenis, provenansi Gowa merupakan yang terbaik. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai penetrasi pilodyn dapat dihubungkan dengan berat jenis. Dari hasil rata-rata semua peubah pada 12 provenansi menjelaskan bahwa pada tiap

provenansi memiliki karakter pertumbuhan dan kualitas kayu yang berbeda meskipun ditanam pada kondisi yang sama.

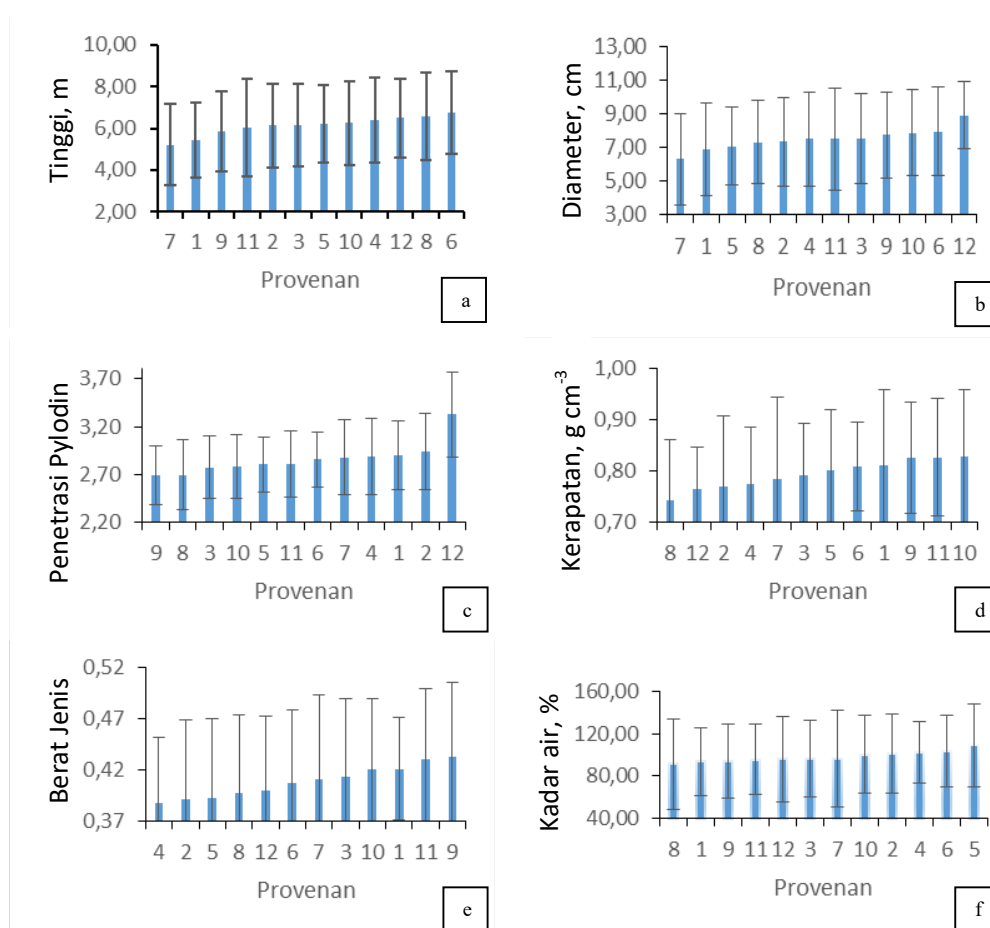
Distribusi data karakter pertumbuhan tinggi, diameter, penetrasi pilodyn, dan sifat fisis kayu jabon pada 12 provenansi sangat beragam. Hal ini dapat dilihat pada nilai median (garis tengah yang melewati box) dan IQR (*interquartile range*) 12 provenansi. Nilai median menggambarkan kedekatan sifat antara tiap provenansi. Pada karakter pertumbuhan tinggi, provenansi 10 (Pomalaa) memiliki keragaman yang lebih besar dibandingkan provenansi lainnya. Karakter pertumbuhan diameter yang memiliki keragaman besar adalah pada provenansi 11 (Batu Hijau). Sementara keragaman yang paling besar pada penetrasi pilodyn adalah pada provenansi 2 (Kampar). Untuk sifat fisis kayu, nilai yang beragam paling besar pada kerapatan kayu dan berat jenis adalah provenansi 2 (Kampar), dan pada kadar air adalah provenansi 7 (Kapuas Tengah). Pada karakter pertumbuhan (tinggi dan diameter), garis *whisker* pada 12 provenansi yang berada di atas *boxplot* lebih panjang dibandingkan dengan yang berada di bawah (Gambar 3). Hal ini menggambarkan bahwa 12 provenansi memiliki pertumbuhan yang baik karena dominan nilai yang lebih tinggi dari rata-rata.

Kecenderungan pertumbuhan yang didominasi nilai yang lebih tinggi dari rata-rata menandakan bahwa pertumbuhan jabon pada plot uji provenansi-keturunan adalah baik. Keragaman yang muncul dapat disebabkan oleh faktor iklim, kualitas tapak, dan kualitas bibit. Kualitas bibit dipengaruhi oleh kualitas benih. Benih jabon yang digunakan dalam penelitian

ini dikumpulkan dari pohon-pohon yang superior diantara pohon yang berada di sekitarnya, dan berasal dari daerah yang berbeda. Menurut Zobel dan Talbert (1984) pertumbuhan tanaman hutan dapat berkeragaman baik antarspesies, provenansi, tegakan, tempat tumbuh, individu pohon, dan keragaman di dalam individu pohon.

Nilai penetrasi pilodyn menggambarkan bagaimana kualitas kayu, dengan pendekatan pada nilai kerapatan kayu (Cown 1978). Rata-rata penetrasi pilodyn jabon umur 36 bulan adalah

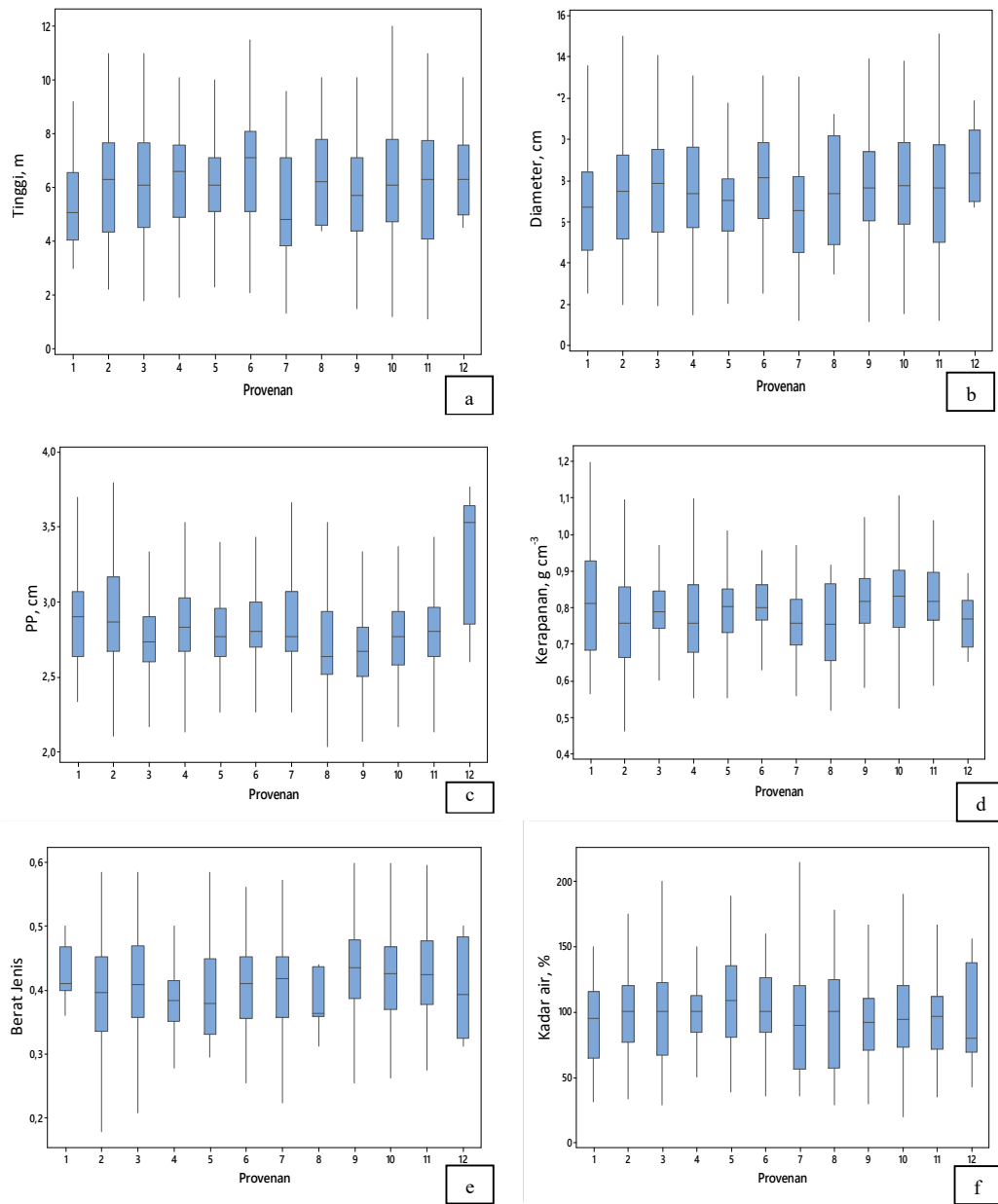
2,86 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai kerapatan kayu rendah, diduga karena umur tanaman yang masih muda. Penelitian Rahayu *et al.* (2014) menunjukkan pada umur 5 dan 6 tahun kayu jabon termasuk kayu juvenile. Semakin besar nilai penetrasi pilodyn mengindikasikan bahwa kerapatan semakin rendah (Kha *et al.* 2012), begitu sebaliknya. Nilai penetrasi pilodyn berkaitan dengan kedalaman penetrasi akibat tembakan alat Pilodyn® yang digunakan.



Gambar 2 Rata-rata pertumbuhan, penetrasi pilodyn dan sifat fisis kayu 12 provenansi umur 36 bulan di Parung Panjang, Bogor.

Keterangan: 1. Rimbo Panti, 2. Kampar, 3. Ogan Komering, 4. Garut Selatan, 5. Nusa Kambangan, 6. Alas Purwo, 7. Kapuas Tengah, 8. Batu Licin, 9. Gowa, 10. Pomalaa, 11. Batu Hijau, 12. Kuala Kencana





Gambar 3 Keragaman karakter pertumbuhan tinggi, diameter, penetrasi pilodyn, dan sifat fisis kayu ke-12 provenan pada umur 36 bulan. (a) tinggi, (b) diameter, (c) pp, (d) kerapatan, (e) berat jenis, (f) kadar air.

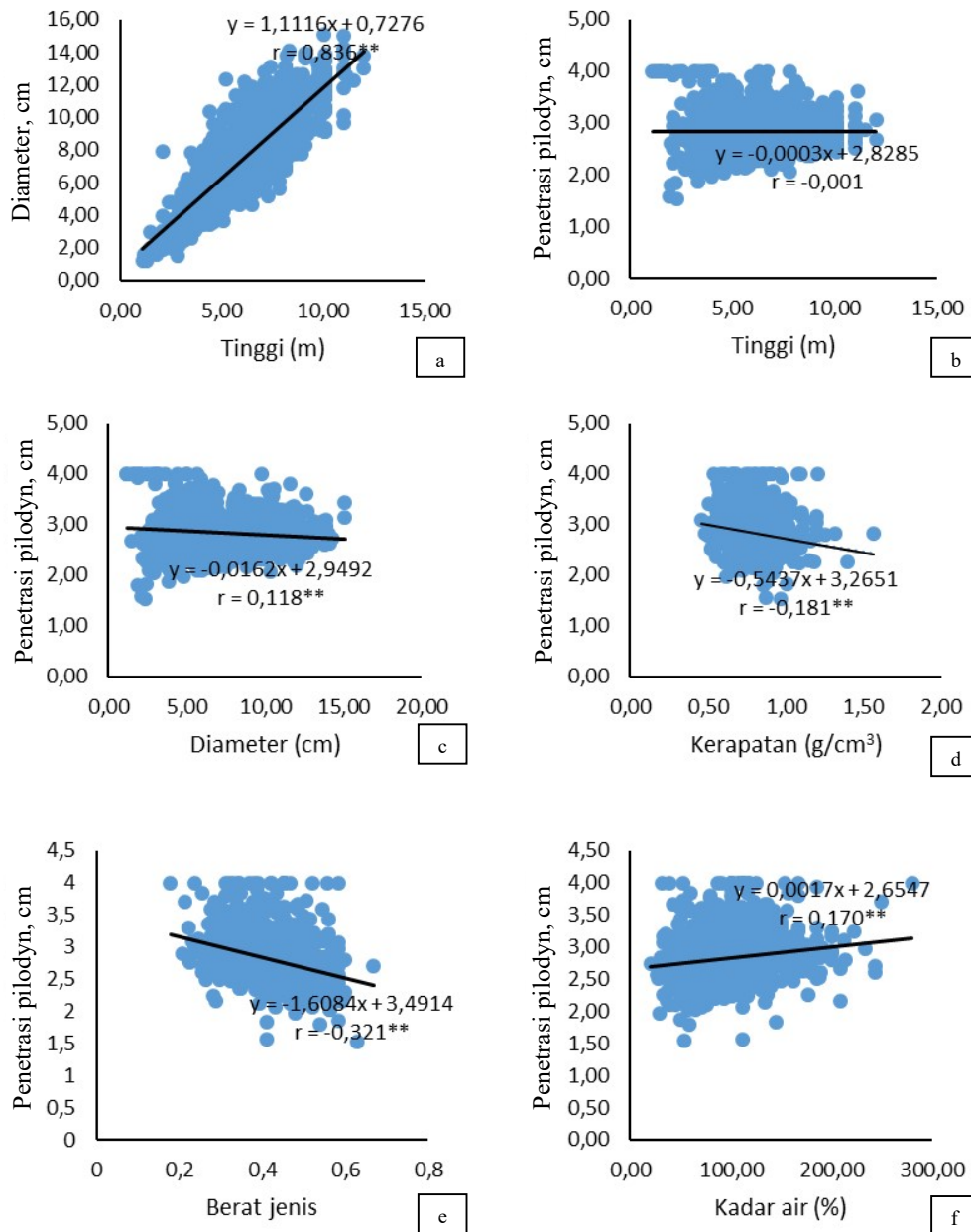
Keterangan: 1. Rimbo Panti, 2. Kampar, 3. Ogan Komering, 4. Garut Selatan, 5. Nusa Kambangan, 6. Alas Purwo, 7. Kapuas Tengah, 8. Batu Licin, 9. Gowa, 10. Pomalaa, 11. Batu Hijau, 12. Kuala Kencana

Nilai penetrasi pilodyn akan mengalami penurunan pada waktu (umur) pengukuran yang berbeda. Kha *et al.* (2012) melaporkan bahwa penetrasi pilodyn pada *Acacia auriculiformis* umur 4 tahun adalah 2-3 cm. Hal yang sama juga dilaporkan Liana *et al.* (2015) pada *Pinus nigra* Arn.Ssp.Salzmanii. Hasil yang sama pada penelitian Ishiguri *et al.* (2012) dan Hidayati *et al.* (2013), tetapi pada perbedaan umur yang jauh yaitu *Agathis* sp umur 54 tahun, dan *Tectona grandis* umur 12 tahun. Hasil yang berbeda dilaporkan Couto *et al.* (2013), bahwa dengan penambahan umur penetrasi pilodyn juga semakin bertambah, yaitu pada *E. grandis* dan *E. urophylla* umur 42 bulan: 1,075 cm dan 1,095 cm, umur 54 bulan: 1,23 cm dan 1,21 cm.

Korelasi (Pearson) antara karakter pertumbuhan (tinggi dan diameter) pada ke 12 provenansi jabon adalah positif dan sangat kuat (koefisien korelasi atau  $r = 0,836$ ). Makin tinggi pohon makin besar diameter. Sementara korelasi antara karakter pertumbuhan dengan penetrasi pilodyn adalah negatif dan lemah, yaitu; tinggi ( $r = -0,001$ ), diameter ( $r = -0,118$ ). Makin baik pertumbuhan, penetrasi pilodyn semakin kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan semakin baik, kualitas kayu semakin baik pula. Hal yang sama dilaporkan Hai *et al.* (2015) pada *A. mangium* umur 3 dan 4 tahun. Sementara Kien *et al.* (2008) melaporkan hal yang sama pada *E. urophylla* meskipun sudah umur 8 dan 9 tahun. Berbeda dengan Ishiguri *et al.* (2012) dan Hidayati *et al.* (2013), bahwa penetrasi pilodyn

berkorelasi positif dan kuat dengan diameter pohon.

Korelasi antara penetrasi pilodyn dengan kerapatan kayu adalah negatif dan lemah ( $r = -0,181$ ), begitu juga dengan berat jenis ( $r = -0,321$ ), sementara dengan kadar air adalah positif dan lemah ( $r = 0,170$ ) (Gambar 4). Dari ke 3 sifat fisis yang diukur, pendugaan kualitas kayu dengan nilai penetrasi pilodyn dapat dihubungkan dengan berat jenis, karena dari ke 3 sifat fisis tersebut, penetrasi pilodyn dengan berat jenis yang memberikan nilai hubungan yang paling baik. Couto *et al.* (2013) melaporkan bahwa korelasi antara kerapatan dengan penetrasi pilodyn pada *E. grandis* dan *E. urophylla* umur 42 bulan adalah ( $r = 0,00$ ) dan ( $r = -0,44$ ). Hal berbeda dilaporkan Carillo *et al.* (2017) bahwa korelasi antara kerapatan dengan penetrasi pilodyn pada *E. globulus* dan *E. nitens* umur 6 tahun adalah negatif dan kuat. Hal yang sama juga dilaporkan Shijun *et al.* (2010) pada *Eucalyptus* umur 56 bulan, Warriar & Venkataramanan (2014) pada *Casuarina equisetifolia* umur 4 tahun, Kien *et al.* (2008) melaporkan pada *E. urophylla* umur 8 dan 9 tahun, Kha *et al.* 2012 pada *Acacia hybrid* yang ditanam di Yen Tanh. Micko *et al.* 1982 melaporkan bahwa korelasi antara berat jenis dengan penetrasi pilodyn pada white spruce (*Picea glauca* (Moench)Voss) adalah negatif dan kuat. Hal serupa juga dilaporkan oleh Cown (1978) pada *Pinus radiata* D.Don. Berbeda halnya pada *Casuarina equisetifolia* umur 4 tahun, positif dan lemah (Warriar & Venkataramanan 2014).



Gambar 4 Korelasi antara karakteristik pertumbuhan dan sifat fisis kayu dengan penetrasi pilodyn.

Keterangan: (a) korelasi tinggi dengan diameter, (b) tinggi dengan penetrasi pilodyn, (c) diameter dengan penetrasi pilodyn, (d) kerapatan dengan penetrasi pilodyn, (e) berat jenis dengan penetrasi pilodyn, (f) kadar air dengan penetrasi pilodyn

**Parameter genetik pertumbuhan dan sifat fisis kayu**

Komponen ragam yang menunjukkan keragaman provenansi berkisar antara

0,64% untuk kadar air hingga 3,83% untuk penetrasi pilodyn. Sementara komponen ragam antar famili di dalam provenansi lebih rendah daripada

komponen ragam antar provenansi, yaitu berkisar dari 0,05% untuk tinggi hingga 1,81% untuk kerapatan kayu (Tabel 4). Hal ini menjelaskan bahwa provenansi-provenansi tersebut terisolasi atau aliran gen tidak mencukupi untuk menutupi pengaruh seleksi. Dengan kata lain, proses seleksi di masa mendatang akan memberikan keuntungan karena keragaman genetik diantara famili di dalam provenansi adalah tinggi, sehingga semakin banyak sumberdaya genetik tanaman jabon yang bisa dipertahankan. Hal yang serupa juga telah dilaporkan Sudrajat *et al.* (2016).

Heritabilitas individu pada karakter pertumbuhan, penetrasi pilodyn dan sifat fisis kayu tergolong rendah hingga sedang (berkisar 0,011-0,183). Nilai heritabilitas famili ditemukan lebih besar dibandingkan dengan nilai heritabilitas individu yaitu berkisar 0,017-0,308 (Tabel 5). Hal ini mengindikasikan bahwa kemungkinan perolehan genetik akan lebih tinggi dengan melakukan seleksi antar famili daripada seleksi individu. Hasil yang sama pada karakter pertumbuhan (tinggi dan diameter) pada penelitian Sudrajat *et al.* (2016), tetapi berbeda halnya dengan penelitian Setyadi (2013) pada jabon umur 2 tahun.

Tabel 4 Komponen keragaman total dan kontribusi relatif (angka di dalam kurung) sumber keragaman terhadap keragaman total pertumbuhan dan sifat kayu uji provenansi-keturunan jabon umur 36 bulan di Parung Panjang, Jawa Barat

Komponen ragam	Tinggi, m	Diameter, cm	Penetrasi pilodyn, cm	Kerapatan, g cm <sup>-3</sup>	Berat jenis	Kadar air, %
$\sigma^2R$	0,6868 (19,58%)	1,1132 (14,95%)	0,0090 (6,93%)	0,0001 (0,92%)	0,00054 (9,86%)	67,6281 (5,32%)
$\sigma^2P$	0,0288 (0,82%)	0,0703 (0,95%)	0,0049 (3,83%)	0,0003 (2,08%)	0,00017 (3,12%)	8,1989 (0,64%)
$\sigma^2F(P)$	0,0018 (0,05%)	0,0207 (0,28%)	0,0012 (0,90%)	0,0003 (1,81%)	0,00002 (0,42%)	8,3837 (0,66%)
$\sigma^2RP$	0,0044 (0,13%)	0,0311 (0,42%)	0,0029 (2,20%)	0,0003 (2,15%)	0,00020 (3,74%)	54,4958 (4,29%)
$\sigma^2RF(P)$	1,2694 (36,18%)	1,9874 (26,70%)	0,0389 (29,84%)	0,0023 (15,31%)	0,00087 (15,94%)	54,8405 (4,31%)
$\sigma^2e$	1,5174 (43,25%)	4,2212 (56,71%)	0,0734 (56,30%)	0,0116 (77,73%)	0,00367 (66,91%)	1092,6000 (86,04%)

Keterangan:  $\sigma^2R$  = komponen ragam blok (ulangan),  $\sigma^2P$  = komponen ragam provenansi,  $\sigma^2RP$  = komponen ragam interaksi ulangan/blok dengan provenansi,  $\sigma^2F(P)$  = komponen ragam famili di dalam provenansi,  $\sigma^2RF(P)$  = komponen ragam interaksi ulangan dengan famili di dalam provenansi,  $\sigma^2e$  = komponen ragam individu di dalam famili/error.

Tabel 5 Pendugaan nilai heritabilitas individu dan famili pada jabon umur 36 bulan di plot uji provenansi-keturunan jabon Parung Panjang, Bogor

Peubah	Heritabilitas individu, h <sup>2</sup> i	Heritabilitas famili, h <sup>2</sup> f
Tinggi	0,011 (rendah)	0,017 (rendah)
Diameter	0,052 (rendah)	0,104 (sedang)
Penetrasi Pilodyn	0,183 (sedang)	0,281 (sedang)
Kerapatan	0,148 (sedang)	0,308 (tinggi)
Berat jenis	0,142 (sedang)	0,280 (sedang)
Kadar air	0,038 (rendah)	0,117 (sedang)

Keterangan: Kategori nilai heritabilitas berdasarkan Cotterill dan Dean (1990): heritability <0.1 = rendah, 0,1-0,3 = sedang, dan >0,3 = tinggi

Pada karakter tinggi dan diameter, nilai heritabilitas mengalami penurunan dari umur 12 – 36 bulan. Sudrajat *et al.* 2016 melaporkan bahwa nilai heritabilitas individu karakter tinggi pada provenansi jabon umur 12 bulan adalah 0,093, sementara pada umur 36 bulan adalah 0,011, sedangkan pada karakter diameter 0,114 (12 bulan) dan 0,052 (36 bulan). Nilai heritabilitas yang menurun seiring dengan bertambahnya umur bisa saja terjadi, yang disebabkan oleh laju pertambahan keragaman fenotipe lebih besar dari keragaman aditif (Surles *et al.* 1995). Hal yang sama dilaporkan Aguiar *et al.* (2003) bahwa nilai heritabilitas *Pinus pinaster* untuk tinggi dan diameter pada umur 5 tahun dan 12 tahun di dua lokasi penanaman yang berbeda juga tergolong rendah, sementara nilai heritabilitas penetrasi pilodyn tergolong rendah hingga sedang. Sanhueza *et al.* (2002) melaporkan bahwa nilai heritabilitas *E. globulus* untuk peubah tinggi adalah rendah, tetapi tinggi untuk penetrasi pilodyn.

Pendugaan kemajuan genetik dipengaruhi oleh nilai heritabilitas dan simpangan baku fenotip, dan sangat berperan dalam proses seleksi. Nilai

pendugaan kemajuan genetik berkisar 0,003-0,350 pada intensitas seleksi 30%, 0,005-0,583 pada intensitas seleksi 50%, dan 0,07-0,816 pada intensitas seleksi 70% (Tabel 6).

Nilai kemajuan genetik harapan menggambarkan seberapa efektif seleksi dilakukan, sehingga dapat memperbaiki karakter yang ada. Bila nilai kemajuan genetik tinggi, maka peluang untuk dilakukannya perbaikan suatu karakter besar melalui seleksi. Dari 3 intensitas pendugaan kemajuan genetik (30, 50, dan 70%), maka seleksi direncanakan akan dilakukan dengan intensitas seleksi 50%, dengan nilai kemajuan genetik harapan pada semua peubah berkisar antara 0,005-0,583. Dengan meninggalkan 2 pohon pada tiap famili yang memiliki pertumbuhan dan kualitas kayu yang paling baik, maka diharapkan pohon 1 yang paling baik dapat terlindungi dari kondisi iklim yang kurang menguntungkan sampai pada tahap selanjutnya akan disisakan 1 pohon terbaik yang akan dijadikan kandidat sumber benih.

Tabel 6 Pendugaan kemajuan genetik dalam famili pada uji provenansi-keturunan jabon dengan intensitas seleksi 30, 50, dan 70%

Parameter	Intensitas seleksi, %		
	30	50	70
Tinggi	0,007	0,011	0,016
Diameter	0,042	0,070	0,098
Penetrasi pilodyn	0,020	0,033	0,046
Kerapatan	0,005	0,009	0,013
Berat jenis	0,003	0,005	0,007
Kadar air	0,350	0,583	0,816

## Kesimpulan

Karakter pertumbuhan, penetrasi pilodyn, dan sifat fisis kayu provenansi jabon menunjukkan perbedaan nyata antar provenansi dan antar famili di dalam provenansi, kecuali untuk kadar air. Rata-rata berat jenis 12 provenansi adalah 0,41, maka kayu jabon umur 36 bulan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku nonstruktural. Hubungan antara penetrasi pilodyn dengan berat jenis dapat digunakan sebagai metode pada tahap selanjutnya dalam menduga kualitas kayu dengan cepat, tidak merusak (nondestruktif), serta dapat diterapkan dalam pelaksanaan seleksi. Nilai pendugaan heritabilitas individu berkisar 0,011-0,183, sementara heritabilitas famili berkisar 0,017-0,308.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana atas kerjasama Fakultas Kehutanan IPB dengan Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan dan SEAMEO BIOTROP dan Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan kontrak nomor: 7/UNS5.2.3.1/PPM/ KP-DRPM/ 2018 tanggal 5 oktober 2018. Para penulis berterima kasih kepada staf operasional di Hutan Penelitian Parung Panjang, Bogor yang membantu dalam pengumpulan data di lapangan.

## Daftar Pustaka

- Acharyya S, Dash GK, Mondal S, Dash SK, 2010. Studies on glucose lowering efficacy of the *Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq.roots. *Internat J Pharma BioSciences*. 1:1–9.
- Adinugraha HA, Pudjiono S, Ismail B, Mahfudz. 2014. Variasi pertumbuhan tanaman pada kombinasi uji keturunan dan provenans merbau umur 5 tahun di Sobang, Banten. *J WASIAN*. 1(2):65-72.
- Aguiar A, Almeida MH, Borralho N. 2003. Genetic control of growth, wood density and stem characteristics of *Pinus pinaster* in Portugal. *Silva Lusitana*. 11(2):131-139.
- Alam M.A, Raushanara A, Nusrat S, Mostafizur R, Muntasir M.M, Lutfun N, Satyajit D.S. 2008. Antidiarrhoeal property of the hydro ethanolic extract of the flowering tops of *Anthocephalus cadamba*. *Brazilian J of Pharmacog- nosy*. 18:155–159.
- Ambujakshi HR, Silvia TA, Kanchana Y, Patel R, Thakkar H, Shyamnanda. 2009. Analgesic activity of *Anthocephalus cadamba* leaf extract. *J Pharmacy Res*. 2:1279–1280.
- [ASTM]. American Society for Testing and Material. 2005. *Annual Book of ASTM Standards. Section Four: Construction*. Volume 0410. Wood. D-4442–92 (Reapproved 2003) (Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials). West Conshohocken PA: ASTM International.
- [ASTM]. American Society for Testing and Material. 2005. *Annual Book of ASTM Standards. Section Four: Construction*. Volume 0410. Wood. D-2395–02 (Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials). West Conshohocken PA: ASTM International.

- Cappa EP, Pathauer PS, Lopez GA. 2010. Provenance variation and genetic peubahs of *Eucalyptus viminalis* in Argentina. *Tree Genetics Genomes*. 6: 981–994.
- Carrillo I, Valenzuela S, Elissetche JP. 2017. Comparative evaluation of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* wood and fibre quality. *IAWA J*. 38 (1): 105-116.
- Cotterill PP, Dean CA. 1990. *Successfull Tree Breeding with Index Selection*. CSIRO Division of Forestry and Forest Product, Australia.
- Couto AM, Trugilho PF, Neves TA, Protásio TP, Sá VA. 2013. Modeling of basic density of wood from *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* using nondestructive methods. *Cerne*. 19(1):27-34.
- Cown DJ. 1978. Comparison of the pylodyn and torsionmeter methods for the rapid assessment of wood density in living trees. *New Zealand J For Sci*. 8(3):384-9.
- Dolai N, Indrajit K, Suresh K, Biswakanth K, Asil B, Pallab KH. 2012. Evaluation of antitumor activity and in vivo antioxidant status of *Anthocephalus cadamba* on Ehrlich ascites carcinoma treated mice. *J Ethnopharmacology*. 142:865-870.
- Falconer DS. 1981. *Introduction to quantitative genetic, 2nd Ed*. New York: Longman Inc.
- Falconer DS, Mackay TFC. 1996. *Introduction to quantitative genetics, 4th Ed*. New york: Longman Inc.
- Fukatsu E, Tamura A, Takahashi M, Fukuda Y, Nakada R, Kubota M, Kurinobu S. 2011. Efficiency of the indirect selection and the evaluation of the genotype by environment interaction using Pilodyn for the genetic improvement of wood density in *Cryptomeria japonica*. *J For Res*. 16(2):128-135.
- Hadiyan Y. 2010. Evaluasi pertumbuhan awal kebun benih semai uji keturunan sengon (*Falcataria moluccana* sinonim : *Paraserianthes falcataria*) umur 4 bulan di Cikampek Jawa Barat. *J Pemuliaan Tanaman Hutan*. 7(2) :85-91.
- Hai PH, Duong LA, Toan NQ, Ha TTT. 2015. Genetic variation in growth, stem straghtness, pilodyn and dynamic modulus of elasticity in second-generation progeny tests of *Acacia mangium* at three sites in Vietnam. *New For*. 46:577–591.
- Hansen CP. 2000. *Application of the Pilodyn in Forest Tree Improvement*. Humlebaek: Danida Forest Seed Center.
- Hawtin G, Iwanaga M, Hodgkin T. 1997. Genetic Resources in Breeding for Adaptation. In Tigerstedt. P.M.A. (ed.) *Adaptation in plant breeding*. Kluwer Academic Publishers. *The Netherlands*. 277-288.
- Hidayati F, Ishiguri F, Iizuka K, Makino K, Takashima Y, Danarto D, Winanrni WW, Irawati D, Na'iem M, Yakota S, Yoshizawa N. 2013. Growth characteristics, strees-wave velocity, and pilodyn penetration of 15 clones of 12 years old *Tectona grandis* trees planted at two different sites in Indonesia. *J Wood Sci*. 59(3): 249-254.
- Ishiguri F, Kazuko M, Imam W, Jun T, Yuya T, Kazuya I, Shinso Y. 2012. Relationship between growth and wood properties in *Agathis* sp planted in Indonesia. *Wood Res J*. 3(1):1-5.

- Ismail B. 2014. Evaluasi uji provenan merbau (*Instia bijuga*) umur 6 tahun di KHDTK Sumberwaringin, Bondowoso. *Wana Benih*. 15(2):89-96.
- Jayawardana DN, Amarasekara HS. 2008. Investigation of the effect of growth rate on the quality of Teak (*Tectona grandis*) wood. *Proceedings of the International Forestry and Environment Symposium 2008*; 2008 December 27-28; Kalutara, Sri Lanka. Kalutara: Department of Forestry and Environmental Science.
- Kha LD, Chris EH, Nguyen DK, Brian SB, Nguyen DH, Ha HT. 2012. Growth and wood basic density of acacia hybrid clones at three locations in Vietnam. *New For*. 43:13-29.
- Kien ND, Gunnar J, Chris H, Curt A, Ha HT. 2008. Genetic variation in wood basic density and penetrasi pilodyn and their relationships with growth, stem straightness, and branch size for *Eucalyptus urophylla* in Northern Vietnam. *New Zealand J For Sci*. 38(1):160-175.
- Kojima M, Hiroyuki Y, Kayo O, Yasuhisa O, Masato Y, Takashi O, Toshihiro O, Kenji M, Kentaro N, Yuji I. 2009. Effect of the lateral growth rate on wood properties, in fast-growing hardwood species. *J Wood Sci*. 55(6):417-424.
- Liana DF, Hermoso E, Izquierdo ST, Bobadilla I, Íñiguez-González G. 2015. The effect of moisture content on nondestructive probing measurements. *Proceedings of 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium*; 2015 September 22-25; Rio de Janeiro, Brazil. Madison: USDA Forest Service.
- Malik MFEI, Abdelgadir AY. 2015. Effect of growth rate on wood density of *Eucalyptus camaldulensis* wood of coppice origin grown in White Nile State Sudan. *J For Prod Indus*. 4(3): 86-93.
- Micko MM, Wang EIC, Taylor FW, Yanchuk AD. 1982. Determination of wood specific gravity in standing white spruce using a pilodyn tester. *The Forestry Chronicle*: 178-180.
- Moya MR, Tomazello M. (2007). Wood density and fiber dimensions of *Gmelina arborea* in fast growth trees in Costa Rica: relation to the growth rate. *Fo2 Investigación Agraria: Sistemasy Recursos Forestales*. 16(3): 267-276.
- Nurwati, Hadi YS, Setyaningsih D. 2007. Sifat fisis dan mekanis sepuluh provenans kayu mangium (*Acacia mangium*) dari Parungpanjang Bogor. *JITKT*. 5(1):7-11.
- Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Anthony S. 2009. Agroforestry tree database: a tree reference and selection guide version 4.0. [http://www.worlagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Anthocephalus\\_cadamba.pdf](http://www.worlagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Anthocephalus_cadamba.pdf). diakses 10 Juni 2016.
- Patel DA, Dirji VC, Bariya AH, Patel KR, Sonpal RN. 2011. Evaluation of antifungal activity of *Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosserleaf and Barkextract. *Internati Res J Pharm*. 2: 192.
- Rahayu I, Darmawan W, Nugroho N, Nandika D, Marchal R. 2014. Demarcation point between juvenile and mature wood in sengon (*Falcataria moluccana*) and jabon (*Anthocephalus cadamba*). *J Tropi For Sci*. 26(3):331-339.



- Rozenberg P, Sype HV. 1996. Genetic variation of the pilodyn-girth relationship in Norway spruce (*Picea abies* L (Karst)). *Ann Sci For.* 53:1153-1166.
- Saranpää P. 2003. Wood density and growth. In: Barnett JR and Jeronimidis G. (eds.). Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing and CRC Press. *Biol Sci Series.* 87-117.
- Setyadi T, Nirsatmanto A, Sunarti S. 2013. Genetic variation on early growth of jabon (*Antocephalus* spp.) observed in first generation seedling seed orchard. *International Conference of Indonesia Forestry Researchers*; 2015 October 21-22; Bogor, Indonesia. Bogor: Ministry of Environment and Forestry.
- Setiadi D, Susanto M. 2012. Variasi genetik pada kombinasi uji provenans dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* di Bondowoso, Jawa Timur. *J Pemuliaan Tanaman Hutan.* 6(3):157-166.
- Setiadi D, Fauzi MA. 2015. Peubah genetik pada kombinasi uji provenan dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* asal Manokwari (Papua) di Bondowoso, Jawa Timur. *J Penelitian Kehutanan Wallace.* 4(2): 129-136.
- Sanhueza RP, White TL, Huber DA, Griffin AR. 2002. Genetic peubahs estimates, selection indices and predicted genetic gains from selection of *Eucalyptus globulus* in Chile. *For Geneti.* 9(1):19-29.
- Shi-jun W, Jian-min X, Guang-you L, Vuokko R, Zhao-hua L, Bao-qi L, Wei W. 2010. Use of the pilodyn for assessing wood properties in standing trees of Eucalyptus clones. *J For Res.* 21(1): 68–72.
- Sianne S, Fanie RH. 2002. Antimalarial activity of plant metabolite. *Natural Prod Rep.* 19:675–692.
- Soerianegara I, Lemmens RHMJ. 1993. *Plant Resources of South-East Asia 5 (1): Timber Trees: Major Commercial Timbers.* Wageningen: Pudoc Scientific Publishers.
- Sudrajat DJ. 2015. Keragaman populasi, uji provenansi dan adaptasi jabon (*Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser). [Disertasi]. Bogor: IPB.
- Sudrajat DJ, Siregar IZ, Siregar UJ, Nurhasybi, Mansur I, Khumaida N. 2016. Intraspecific variation on early growth of *Neolamarckia cadamba* Miq. in provenance-progeny tests in West Java Province, Indonesia. *Biotropia.* 23(1):10–20.
- Surles SE, White, Hodge GR. 1995. Genetic peubah estimates for seedling dry weight traits and their relationship with parental breeding values in slash pine. *For Sci.* 41:546-563.
- Wang T, Aitken SN, Rozenberg P, Millie F. 2000. Selection for improved growth and wood density lodgepole pine: Effects on radial patterns of wood variation. *Wood Fiber Sci.* 32(4):391-403.
- Warrier KCS, Venkataramanan. 2014. Use of pilodyn for rapid and reliable estimation of wood basic density in clones of *Casuarina equisetifolia*. *Internati J Current Rese.* 6(9):8269-8272.
- Yudohartono TP. 2013. Karakteristik pertumbuhan jabon dari provenan Sumbawa pada tingkat semai dan

- setelah penanaman. *J Pemuliaan Tanaman Hutan*. 7 :85-996.
- Zobel BJ, van Buijtenen JP. 1989. *Wood Variations Its Causes and Control*. Springer. Berlin.
- Zobel BJ, JT Talbert. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. New York: John Willey and Sons. Inc.
- Riwayat naskah:  
Naskah masuk (received): 9 Februari 2018  
Diterima (accepted): 26 Maret 2018