

## Evaluasi pertumbuhan tanaman uji keturunan eboni (*Diospyros rumphii*) umur satu tahun di persemaian

### Evaluation of plant growth on progeny test ebony (*Diospyros rumphii*) age one year in the nursery

**JULIANUS KINHO<sup>✉</sup>, JAFRED HALAWANE, ARIF IRAWAN, YERMIAS KAFIAR**  
Balai Penelitian Kehutanan (BPK) Manado. Jl. Raya Adipura Kima Atas Mapanget, Manado 95259, Sulawesi Utara.  
Tel. +62-431-3666683, Fax. +62-431-3666683, ✉email: ragilkinho@gmail.com

Manuskrip diterima: 20 Maret 2015. Revisi disetujui: 18 April 2015.

**Abstrak.** Kinho J, Halawane J, Irawan A, Kafiar Y. 2015. Evaluasi pertumbuhan tanaman uji keturunan eboni (*Diospyros rumphii*) umur satu tahun di persemaian. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1*: 800-804. *Diospyros rumphii* Bakh. merupakan salah satu jenis kayu perdagangan yang dikenal dengan sebutan kayu eboni. Jenis ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat dan industri untuk dieksploitasi. Sifat pertumbuhan yang lambat merupakan salah satu faktor pembatas dari jenis tersebut sehingga eksploitasi yang dilakukan secara besar-besaran pada masa lalu telah menyisakan kekhawatiran akan ancaman kelangkaan dan kepunahannya pada saat ini. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan keberadaan jenis tersebut yaitu dengan melakukan konservasi sumber daya genetik. Penelitian uji keturunan ini bertujuan untuk mengetahui variasi genetik pertumbuhan dan menaksir nilai parameter genetik tanaman eboni umur 1 tahun di persemaian. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap berblok dengan menggunakan 22 famili, 4 *treepplot*, dan 12 blok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa famili atau asal pohon induk berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter, yang menunjukkan bahwa secara genetik terdapat variasi pada pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman uji keturunan eboni umur 1 tahun di persemaian. Taksiran nilai heritabilitas individu untuk parameter tinggi dan diameter masing-masing sebesar 0,59 dan 0,65. Adapun heritabilitas famili untuk parameter tinggi dan diameter masing-masing sebesar 0,97 dan 0,89. Korelasi genetik antara parameter tinggi dan diameter adalah 0,89, sedangkan korelasi fenotipe sebesar 0,50. Berdasarkan *breeding value* diketahui enam famili terbaik yang cukup stabil dalam performa pertumbuhan tinggi dan diameter yaitu famili 15, 14, 11, 12, 13, dan 22.

**Kata kunci:** Eboni, persemaian, uji keturunan, variasi genetik

**Abstract.** Kinho J, Halawane J, Irawan A, Kafiar Y. 2015. Evaluation of plant growth on progeny test ebony (*Diospyros rumphii*) age one year in the nursery. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1*: 800-804. *Diospyros rumphii* Bakh. is one species of commercial timber where known as ebony. This species has a high economic value, thus the main attraction to the local people and industry to be exploited. This species has characterized on slow growing thus it is the limiting factors. Nowadays, this species decreases in nature and fear of extinction. This condition was caused by massive exploitation in the past. One effort to maintain the existence of these species is the conservation of genetic resources. This study aimed to determine the genetic variation of growth and assess the value of plant genetic parameters of ebony age one year in the nursery. The method of this research was a Randomized Complete Block Design by using 22 families, four tree plots, and 12 blocks. The results showed that family or the source of mother tree have a significant effect on height and diameter growth, which suggested that they had genetic variations in height and diameter growth of the test plants on progeny test of ebony age one year in the nursery. The estimation of individual heritability values for the parameters on height and diameter were 0.59 and 0.65. Meanwhile, the values of heritability family on parameters high and diameter were 0.97 and 0.89. The genetic correlation between height and diameter parameter was 0.89, while the phenotype correlation was 0.50. Based on the breeding value, there were six best families that were stable in height and diameter growth performance, namely families 15, 14, 11, 12, 13 and 22.

**Keywords:** Ebony, genetic variation, nursery, progeny test

## PENDAHULUAN

*Diospyros rumphii* Bakh. merupakan salah satu jenis kayu perdagangan yang dikenal dengan sebutan kayu eboni. Jenis ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga menjadi daya tarik tersendiri bagi masyarakat dan industri untuk dieksploitasi. Dalam pengelompokan kayu perdagangan di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 163/Kpts-II/2003 Tanggal 26 Mei 2003 tentang pengelompokan jenis kayu sebagai dasar

pengenalan iuran kehutanan, kayu eboni termasuk dalam kelompok indah satu. Sebagai salah satu jenis kayu kelompok indah satu, jenis ini memiliki daya tarik tersendiri untuk menjadi target eksploitasi, baik legal maupun ilegal. Hal ini tentu saja menjadi salah satu ancaman terhadap keberadaan dan kelestarian eboni, khususnya di Sulawesi Utara. Konsekuensi dari pemanfaatan yang dilakukan terhadap jenis ini yaitu terjadinya tekanan dan ancaman terhadap keragaman genetik, populasi, maupun habitatnya.

Kayu eboni memiliki sifat pertumbuhan yang lambat (*slow growing species*), merupakan salah satu faktor pembatas lainnya terhadap regenerasi alaminya sehingga eksploitasi yang dilakukan secara besar-besaran pada masa lalu menimbulkan kekhawatiran akan ancaman kelangkaan dan kepunahannya baik jenis maupun genetiknya pada saat ini. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan keberadaan jenis tersebut yaitu dengan melakukan konservasi sumber daya genetik. Uji keturunan (*progeny test*) adalah suatu percobaan yang diberi ulangan untuk menduga susunan genetik suatu individu tetua dengan meneliti sifat-sifat keturunannya yang berasal dari perkembangbiakan secara generatif. Menurut Wright (1976), uji keturunan dikelompokkan menjadi dua, yaitu uji keturunan *half-sib* (jika asal usul salah satu induknya tidak diketahui) dan uji keturunan *full-sib* (jika asal usul kedua induknya diketahui). Uji keturunan dimaksudkan untuk menduga nilai pemuliaan (*breeding value*) tetua dengan membandingkan kinerja keturunannya. Selain itu, penilaian terhadap tetua (pohon induk) akan lebih akurat karena sejumlah keturunan dari tiap tetua dievaluasi pada kondisi lingkungan yang lebih terkontrol daripada kondisi lingkungan dimana tetua berada (Hardiyanto 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi genetik pertumbuhan dan menaksir parameter genetik (heritabilitas, korelasi genetik, dan perolehan genetik) dari parameter pertumbuhan yang diukur pada tanaman uji keturunan eboni umur 1 tahun di persemaian.

## BAHAN DAN METODE

### Material tumbuhan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu anakan eboni umur 1 tahun di persemaian Balai Penelitian Kehutanan Manado yang berasal dari hutan lindung Danowudu, Bitung, Sulawesi Utara. Anakan eboni ditanam pada media tanah + pasir + pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1. Tanaman diberikan naungan 25% dengan menggunakan paranet.

### Cara kerja

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Berblok (*Randomized Complete Block Design*). Jumlah famili (pohon induk asal benih) yang digunakan sebanyak 22 famili, 4 tanaman per plot (*treepplot*), dan 12 ulangan/blok sehingga jumlah total bibit yang digunakan sebanyak 1.056. Pengukuran tinggi dan diameter tanaman dilakukan saat tanaman berumur 1 tahun. Parameter yang diukur adalah tinggi dan diameter tanaman. Pengukuran tinggi dilakukan mulai dari pangkal batang yang berbatasan dengan permukaan media sampai pucuk, sedangkan pengukuran diameter dilakukan pada pangkal batang ( $\pm 1$  cm dari leher akar).

### Analisis data

Hasil pengukuran pertumbuhan tinggi dan diameter kemudian dianalisis dengan menggunakan program SAS 9.0.

Model analisis varian (ANOVA) untuk Rancangan Acak Lengkap Berblok adalah sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + B_j + FB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

- $Y_{ijk}$  = pengamatan tanaman ke-k pada famili ke-i dalam blok ke-j  
 $\mu$  = rerata umum  
 $F_i$  = pengaruh famili ke-i  
 $B_j$  = pengaruh blok ke-j  
 $FB_{ij}$  = interaksi famili ke-i dan blok ke-j  
 $\varepsilon_{ijk}$  = *random error*

Untuk mengetahui pengaruh famili, blok, dan interaksi famili dengan blok serta pengaruh genetik terhadap variabilitas pertumbuhan di antara famili yang diuji maka dilakukan analisis varian menggunakan sidik ragam seperti ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sidik ragam Rancangan Acak Lengkap Berblok

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F <sub>hitung</sub>
Famili	F-1	JKF	KTF	KTF/KTE
Blok	B-1	JKB	KTB	KTB/KTE
Famili*Blok	(F-1)(B-1)	JKFB	KTFB	KTFB/KTE
Galat	FB(T-1)	JKE	KTE	

Keterangan: F = famili, JKFB = jumlah kuadrat interaksi famili dengan blok, B = blok, JKE = jumlah kuadrat *error*, JKF = jumlah kuadrat famili, KTF = kuadrat tengah famili, JKB = jumlah kuadrat blok, KTFB = kuadrat tengah interaksi famili dengan blok, KTB = kuadrat tengah blok, KTE = kuadrat tengah *error*, KT = kuadrat tengah

Besarnya faktor genetik terhadap variabel total dianalisis dengan menghitung nilai heritabilitas individu dan heritabilitas famili menggunakan persamaan Zobel and Talbert (1984) sebagai berikut.

Taksiran nilai heritabilitas famili ( $h_{2f}$ ):

$$h_{2f} = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + (\sigma_{fb}^2) + (\sigma_{e/tb}^2)}$$

Taksiran nilai heritabilitas individu ( $h_{2i}$ ):

$$h_{2i} = \frac{4 \sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{fb}^2 + \sigma_e^2}$$

Keterangan:

- $h_{2f}$  : nilai heritabilitas famili  
 $h_{2i}$  : nilai heritabilitas individu  
 $\sigma_f^2$  : keragaman famili  
 $\sigma_e^2$  : keragaman lingkungan  
 $t$  : jumlah ulangan individu  
 $b$  : jumlah blok  
 $\sigma_{fb}^2$  : keragaman interaksi antara famili dan blok

Korelasi genetik ( $r_G$ ) antarsifat dihitung dengan menggunakan persamaan (Zobel dan Talbert 1984):

$$r_G = \frac{\sigma_{f(xy)}}{\sqrt{(\sigma_{f(x)}^2 \cdot \sigma_{f(y)}^2)}}$$

Keterangan:

$rG$  : korelasi genetik

$\sigma_{f(xy)}$  : komponen kovarians untuk sifat x dan y

$\sigma_{f(x)}^2$  : komponen varians untuk sifat x

$\sigma_{f(y)}^2$  : komponen varians untuk sifat y

Pemeringkatan untuk evaluasi kinerja keturunan individu dan famili menggunakan model matematis:

$$Y = \mu + R_i + F_j + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

$Y_{ijk}$  = pengamatan tanaman ke-k pada famili ke-i dalam blok ke-j

$\mu$  = rerata umum

$R_i$  = pengaruh replikasi ke-i

$F_j$  = pengaruh famili ke-j

$FB_{ij}$  = interaksi antara famili ke-i dan blok ke-j

$\epsilon_{ijk}$  = *random error*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Variasi genetik pertumbuhan eboni

Variasi merupakan hal yang penting dalam program pemuliaan tanaman. Untuk mengetahui informasi adanya variabilitas yang terjadi di antara faktor pertumbuhan pohon yang akan dimuliakan dapat dilakukan dengan analisis varians. Analisis varians terhadap parameter tinggi dan diameter tanaman eboni ditunjukkan pada **Tabel 2**.

### Taksiran parameter genetik

#### Heritabilitas

Taksiran nilai heritabilitas individu ( $h^2_i$ ) dan heritabilitas famili ( $h^2_f$ ) parameter tinggi dan diameter tanaman uji keturunan eboni umur 1 tahun di persemaian ditampilkan pada Gambar 1.

#### Korelasi genetik

Hasil perhitungan korelasi genetik antara sifat tinggi dan diameter yang diukur sebesar 0,89 dengan nilai positif.

#### Ranking famili

Hasil penelitian menunjukkan bahwa famili-famili yang terbaik secara berurutan ditampilkan pada Tabel 3.

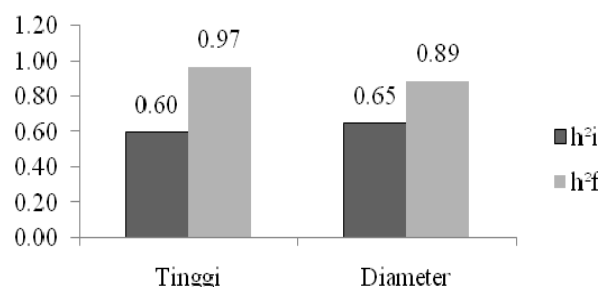
### Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis varian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa faktor famili berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman uji keturunan eboni umur 1 tahun di persemaian. Hal ini mengindikasikan bahwa secara genetik terdapat variabilitas yang tinggi pada pertumbuhan tinggi maupun diameter tanaman uji keturunan eboni. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya variasi antarpohon adalah perbedaan genetik antarpohon, perbedaan lingkungan tempat tumbuh, dan interaksi antara keduanya (Na'iem 2004).

**Tabel 2.** Analisis varian diameter dan tinggi tanaman

Parameter pengukuran	Sumber variasi	Derajat bebas	Kuadrat rerata	F
Diameter	Blok	11	0,38	0,18 ns
	Famili	21	4,00	9,06 *
	Blok x famili	231	4,69	1,15 ns
	Error	750	13,81	
Tinggi	Blok	11	97,82	0,04 ns
	Famili	21	2.317,98	34,26*
	Blok x famili	231	67,66	1,00 ns
	Error	750	67,66	

Keterangan: \* = berpengaruh nyata (pada selang kepercayaan 5%), ns = tidak berpengaruh nyata



**Gambar 1.** Heritabilitas individu ( $h^2_i$ ) dan heritabilitas famili ( $h^2_f$ )

**Tabel 3.** Ranking famili uji keturunan eboni umur 1 tahun

Ranking	Diameter		Tinggi	
	Famili	Estimasi	Famili	Estimasi
1	15	0,13	15	15,79
2	1	0,10	14	10,58
3	14	0,07	12	9,37
4	11	0,07	11	8,65
5	13	0,05	22	6,51
6	12	0,04	13	4,65
7	22	0,03	10	3,11
8	21	0,03	21	2,61
9	3	0,02	3	-0,65
10	10	0,01	9	-1,05
11	8	-0,01	8	-1,24
12	7	-0,02	7	-1,50
13	9	-0,02	1	-3,08
14	20	-0,03	17	-3,35
15	19	-0,04	16	-3,36
16	16	-0,04	20	-4,15
17	2	-0,06	18	-5,20
18	17	-0,06	19	-5,81
19	5	-0,06	2	-6,71
20	18	-0,06	5	-7,35
21	4	-0,06	4	-8,73
22	6	-0,07	6	-9,07

Penaksiran nilai heritabilitas perlu dilakukan untuk mengetahui proporsi kontribusi faktor genetik yang diturunkan dari induk (tetua) kepada keturunannya. Berdasarkan hasil perhitungan nilai heritabilitas pada tanaman uji keturunan eboni umur 1 tahun menunjukkan bahwa nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) sifat tinggi dan diameter termasuk dalam kategori tinggi yaitu 0,97 dan 0,89. Heritabilitas individu untuk sifat tinggi (0,60) dan diameter (0,65) termasuk dalam kategori tinggi. Menurut Cotterill dan Dean (1990), nilai heritabilitas individu ( $h^2i$ )  $\leq 0,1$  berarti rendah; 0,1-0,3 berarti moderat/sedang;  $>0,3$  berarti tinggi, sedangkan untuk nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ )  $\leq 0,4$  berarti rendah; 0,4-0,6 berarti moderat/sedang;  $>0,6$  berarti tinggi. Taksiran nilai heritabilitas famili untuk sifat tinggi sebesar 0,97, mengindikasikan bahwa 97% sifat tinggi diwariskan secara genetik, sisanya sebesar 3% dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Taksiran nilai heritabilitas famili untuk sifat diameter 0,89, mengindikasikan bahwa 89% sifat diameter diwariskan secara genetik dan sisanya 11% dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Hasil perhitungan taksiran nilai heritabilitas individu ( $h^2i$ ) eboni lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai heritabilitas familinya. Hal ini sesuai dengan Zobel dan Talbert (1984) yang menyatakan bahwa nilai heritabilitas famili biasanya lebih besar dari nilai heritabilitas individu, karena pendugaan nilai heritabilitas famili didasarkan pada rata-rata famili dari sejumlah individu, sehingga pengaruh lingkungan dapat diperkecil terutama apabila jumlah *tree plot*-nya besar. Taksiran nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) dan heritabilitas individu ( $h^2i$ ) untuk parameter pertumbuhan diameter dalam penelitian ini lebih besar jika dibandingkan dengan taksiran nilai heritabilitas famili dan heritabilitas individu tanaman sengan (*Falcataria moluccana*) umur 8 bulan di Kediri, Jawa Timur, yaitu heritabilitas individu sebesar 0,2 dan heritabilitas famili sebesar 0,44 (Ismail dan Hadiyan 2008). Hasil penelitian ini juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan taksiran nilai heritabilitas famili dan individu untuk parameter pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman uji provenans dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* umur 12 bulan di Bondowoso, Jawa Timur, yaitu untuk parameter tinggi sebesar 0,58 ( $h^2f$ ) dan 0,28 ( $h^2i$ ), sedangkan untuk parameter diameter sebesar 0,55 ( $h^2f$ ) dan 0,30 ( $h^2i$ ) (Setiadi 2011). Taksiran nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) untuk sifat tinggi dalam penelitian ini juga lebih besar (0,97) jika dibandingkan dengan taksiran nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) semai tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*) umur 5 bulan, 8 bulan, dan 8 bulan setelah penanaman di lapangan, yaitu berturut-turut sebesar 0,95, 0,94, dan 0,83 (Yudohartono 2013). Taksiran nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) untuk sifat diameter dalam penelitian ini juga lebih besar (0,89) jika dibandingkan dengan taksiran nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) semai tanaman jabon umur 5 bulan, 8 bulan, serta 8 bulan setelah penanaman di lapangan, yaitu berturut-turut sebesar 0,84, 0,81, dan 0,41 (Yudohartono 2013). Menurut Wright (1976), informasi mengenai nilai heritabilitas akan membantu proses seleksi dalam program pemuliaan pohon.

Hasil perhitungan korelasi genetik antara sifat tinggi dan diameter yang diukur adalah sebesar 0,89 dengan nilai positif. Perhitungan nilai korelasi genetik antara sifat yang satu dengan sifat yang lain sangat perlu untuk dilakukan karena akan bermanfaat dalam kegiatan seleksi di masa mendatang. Mahfudz et al. (2010) mengemukakan bahwa dengan menghitung korelasi genetik antara satu sifat dengan sifat yang lainnya akan sangat bermanfaat dalam perbaikan sifat karena dengan memperbaiki satu sifat, secara tidak langsung dapat ikut memperbaiki sifat-sifat yang lainnya. Dalam penelitian ini dengan nilai korelasi genetik ( $rG$ ) sebesar 0,89 mengindikasikan bahwa dengan memperbaiki sifat diameter pada tanaman uji keturunan eboni maka secara tidak langsung ikut memperbaiki sifat pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 89%.

Dalam program pemuliaan, *rangking* famili merupakan faktor yang sangat penting karena *rangking* famili merupakan ukuran kinerja dari famili yang diuji dalam suatu uji keturunan yang nantinya dapat digunakan sebagai dasar dalam kegiatan seleksi serta pengembangan program pemuliaan lebih lanjut (Halawane 2013). Secara umum, *rangking* famili biasanya didasarkan atas sifat yang diinginkan, misalnya tinggi, diameter, berat jenis, produksi getah, tipe percabangan, dan bentuk batang. Dalam penelitian ini sifat yang diteliti adalah sifat pertumbuhan tinggi dan diameter. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa famili 15 memiliki kinerja yang paling baik dan stabil di antara seluruh famili yang diuji. Hal ini disebabkan karena baik terhadap parameter pertumbuhan tinggi maupun diameter, famili 15 menempati urutan *rangking* teratas. Selain famili 15, terdapat 5 famili lainnya yang juga cukup stabil yaitu famili nomor 14, 11, 12, 13, dan 22. Famili-famili tersebut dapat dipertahankan apabila akan dilakukan seleksi di masa yang akan datang. Selain famili-famili yang memiliki kinerja baik dan stabil, terdapat juga famili dengan kinerja yang cukup baik namun kurang stabil seperti pada famili nomor 1. Pada Tabel 3 terlihat bahwa famili nomor 1 menempati *rangking* 2 pada sifat diameter, sedangkan pada sifat tinggi, famili tersebut menempati urutan *rangking* ke-13 dengan kinerja di bawah rata-rata.

Terdapat variasi genetik sifat pertumbuhan tinggi dan diameter pada tanaman uji keturunan eboni umur 1 tahun di persemaian Balai Penelitian Kehutanan Manado. Nilai heritabilitas famili ( $h^2f$ ) untuk sifat pertumbuhan tinggi dan diameter termasuk dalam kategori tinggi, yaitu 0,97 dan 0,89. Sementara itu, nilai heritabilitas individu untuk sifat tinggi (0,60) dan diameter (0,65) juga termasuk dalam kategori tinggi. Taksiran nilai korelasi genetik bersifat positif dan termasuk dalam kategori tinggi. Enam famili terbaik dan cukup stabil dalam pertumbuhan tinggi dan diameter berdasarkan nilai *breeding value* yaitu famili 15, 14, 11, 12, 13, dan 22.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Titiek Setyawati selaku koordinator Rencana Penelitian Integratif Konservasi Flora, Fauna, dan Mikroorganisme, Badan

Litbang Kehutanan Jakarta yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Mahfudz (Mantan Kepala Balai Penelitian Kehutanan Manado) dan Muh. Abidin (Kepala Balai Penelitian Kehutanan Manado) yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh karyawan dan staf Balai Penelitian Kehutanan Manado yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama pelaksanaan kegiatan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cotterill PP, Dean CA. 1990. Successful Tree Breeding with Index Selection. CSIRO-Division of Forestry and Forest Product, Melbourne, Australia.
- Halawane J. 2013. Variasi Genetik Pertumbuhan dan Berat Jenis Kayu Tanaman Jati Uji Keturunan Umur 15 Tahun di KPH Ngawi dan Bojonegoro. [Tesis]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hardiyanto EB. 2010. Pemuliaan Pohon Lanjut. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ismail B, Hadiyan Y. 2008. Evaluasi awal uji keturunan sengon (*Falcataria moluccana*) umur 8 bulan di Kabupaten Kediri, Jawa Timur. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 2 (3): 1-7.
- Mahfudz, Na'iem M, Sumardi, Hardiyanto EB. 2010. Variasi pertumbuhan pada uji keturunan merbau (*Intsia bijuga* O. Ktze) di Sobang, Banten. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 4 (3): 157-165.
- Na'iem M. 2004. Keragaman genetik, pemuliaan pohon dan peningkatan produktivitas hutan di Indonesia. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Setiadi D. 2011. Evaluasi awal kombinasi uji provenans dan keturunan *Araucaria cunninghamii* umur 12 bulan di Bondowoso, Jawa Timur. Jurnal Ilmu Kehutanan 5 (1): 1-8.
- Wright JW. 1976. Introduction to Forest Genetics. Academic Press, London.
- Yudohartono TP. 2013. Karakteristik pertumbuhan jabon dari provenans Sumbawa pada tingkat semai dan setelah penanaman. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 7 (2): 85-95.
- Zobel BJ, Talbert JT. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons, New York.