

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

e02d194f7771e30df6cbd4b637bd7b6efdfb3ecb5a48581fa5400c75a3d3db60

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

VARIASI SIFAT PERTUMBUHAN ULIN (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.) PADA UJI KETURUNAN DI BONDOWOSO

VARIATION IN GROWTH TRAITS OF IRONWOOD (*Eusideroxylon zwageri* T. ET B.) PROGENY TRIAL IN BONDOWOSO

Prastyono dan Mudji Susanto

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
e-mail: prastprast@yahoo.com

Diterima: 26 Maret 2015; direvisi: 31 Agustus 2015; disetujui: 05 Oktober 2015

ABSTRAK

Pendugaan parameter genetik untuk sifat diameter dan tinggi tanaman ulin (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.) dilakukan terhadap tanaman uji keturunan di Bondowoso, Jawa Timur pada umur 5,5 tahun. Rancangan uji keturunan yang digunakan adalah Rancangan Blok Tak Lengkap (*Incomplete Block Design*) yang terdiri atas 4 ulangan, 49 famili yang berasal dari 3 provenan (Batanghari, Berau and Kutai Kertanegara) dan satu pohon tiap plot (*single tree plot*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa famili-famili ulin dari provenan Batanghari menunjukkan pertumbuhan terbaik untuk sifat pertumbuhan diameter dan tinggi tanaman dibandingkan dengan famili-famili dari provenan Berau dan Kutai Kertanegara. Sifat tinggi tanaman bervariasi antar famili dalam provenan, sedangkan untuk sifat diameter tidak terdapat variasi yang signifikan baik antar provenan maupun antar famili dalam provenan. Faktor non genetik atau lingkungan memberikan pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan tanaman pada uji keturunan ulin sampai umur 5,5 tahun yang ditunjukkan oleh besarnya varian komponen sisa. Nilai heritabilitas individu untuk tinggi tanaman tergolong tinggi (0,37) dan diameter termasuk sedang (0,26). Terdapat korelasi genetik yang kuat antara sifat pertumbuhan diameter dengan tinggi tanaman yaitu sebesar 0,95. Informasi ini sangat penting untuk pemuliaan genetik jenis ulin di masa mendatang.

Kata kunci: ulin, *Eusideroxylon zwageri* T. et B., parameter genetik, uji keturunan, sifat pertumbuhan

ABSTRACT

The estimation of genetic parameters for stem diameter and plant height of ironwood (Eusideroxylon zwageri T. et B.) was conducted in a progeny trial in Bondowoso, East Java at the age of 5,5 years. The trial was arranged in an incomplete block design, which comprised of 49 families from three provenances (Batanghari, Berau and Kutai Kertanegara) with 4 replications and single tree plot. Families of Batanghari provenance showed the best growth of stem diameter and plant height compared with another provenance. There was significant difference in plant height between families within provenance, whereas stem diameter was not significantly different both of between provenance as well as between families within one provenance. Non-genetic or environmental factors provide considerable influence on plant growth in the progeny test of ironwood until the age of 5.5 years; it was indicated by the residual variance component. Individual heritability for plant height was considered as high (0.37) and stem diameter was considered as moderate (0.26). There was a strong genetic correlation between the stem diameter and plant height (0.95). This information is very important for future genetic improvement of ironwood.

Keywords: ironwood, *Eusideroxylon zwageri* T. et B., genetic parameter, progeny test, growth traits

PENDAHULUAN

Ulin (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.) merupakan salah satu jenis pohon penyusun hutan tropika basah yang tersebar di Sumatera Bagian Selatan, Kepulauan Bangka-Belitung dan hampir seluruh wilayah Kalimantan. Jenis ini tumbuh pada berbagai jenis tanah dari hutan dataran rendah hingga hutan pada ketinggian 800 m dpl.

Kayu ulin merupakan jenis favorit untuk perdagangan lokal maupun ekspor sebagai bahan bangunan maupun furnitur yang bernilai tinggi karena termasuk dalam kelas I untuk kekuatan dan keawetannya (Martawijaya *et al.*, 2005). Namun karena eksploitasi yang tidak terkendali dan tidak mempertimbangkan aspek kelestarian, jenis ini telah mengalami penurunan populasi yang sangat mengkhawatirkan sehingga dimasukkan dalam

kategori *vulnerable* (VU A1cd+2cd ver 2.3) oleh IUCN sejak tahun 1998 (IUCN, 2011). Sifat pertumbuhan ulin yang sangat lambat menyebabkan masyarakat enggan untuk melakukan budidaya tanaman ulin sehingga satu-satunya sumber kayu ulin adalah dari hutan alam. Oleh karena itu, konservasi sumberdaya genetik dan budidaya terhadap jenis ini perlu segera dilakukan dalam rangka menyediakan materi genetik yang memiliki sifat pertumbuhan yang lebih baik.

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta telah melakukan serangkaian kegiatan penelitian ulin untuk menyelamatkan keanekaragaman sumberdaya genetik dan pemuliaan ulin sejak tahun 2003. Hasil analisis DNA ulin berdasarkan penanda RAPD menunjukkan bahwa keragaman genetik di dalam populasi atau provenan sangat tinggi (Sulistiyawati *et al.*, 2005; Rimbawanto *et al.*, 2006), sehingga memungkinkan untuk melakukan seleksi gen dalam rangka optimalisasi dan maksimalisasi perolehan genetik dari sifat-sifat tertentu yang diinginkan. Oleh karena itu, serangkaian kegiatan pemuliaan perlu dilakukan, salah satunya adalah dengan membangun uji keturunan ulin di Bondowoso, Jawa Timur pada tahun 2008. Plot uji keturunan ini akan memberikan informasi genetik dari spesies ulin dan akan menyediakan benih dengan kualitas genetik yang baik apabila dikonversi menjadi kebun benih.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi sifat pertumbuhan famili-famili ulin dari beberapa provenan yang diuji pada plot uji keturunan tersebut pada umur 5,5 tahun.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Sumberwringin. KHDTK Sumberwringin secara administrasi pemerintahan berada di Desa Wringinanom, Kecamatan Sukosari, Kabupaten Bondowoso, Provinsi Jawa Timur. Lokasi tersebut berada pada ketinggian 800 m dpl dengan jenis tanah andosol. Secara umum lokasi ini termasuk dalam klasifikasi tipe iklim B menurut Schmidt dan Ferguson dengan curah hujan rata-rata adalah 2.400 mm/th dan suhu udara 20°C hingga 28°C. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2013.

Bahan penelitian yang digunakan adalah tanaman ulin pada uji keturunan *half-sib* yang ditanam di petak 26, 27 dan 28 KHDTK Sumberwringin pada bulan Desember 2008. Uji keturunan dirancang menggunakan rancangan blok tak lengkap (*Incomplete Block Design*), yang terdiri dari 4 ulangan, 7 baris, 7 kolom, dan 49 famili yang berasal dari 3 provenan dan satu pohon tiap plot (*single tree plot*) dengan jarak tanam 5 x 5 meter. Informasi benih yang digunakan dalam uji keturunan ulin disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Informasi sumber benih ulin untuk pembangunan uji keturunan di Bondowoso

No	Provenan	Jumlah Famili	Letak geografi		Tinggi Tempat (m dpl)
			Lintang	Bujur	
1	Batanghari (Jambi)	7	1°40' - 1°52' LS	103°10'00'' - 103°12'30'' BT	80
2	Berau (Kalimantan Utara)	29	2°48' - 2°52' LU	117°20'00'' - 117°22'30'' BT	100
3	Kutai Kertanegara (Kalimantan Timur)	13	1°1' - 1°2' LS	117°0'00'' - 117°1'30'' BT	60

Pengukuran sifat pertumbuhan dilakukan pada semua individu tanaman pada uji keturunan ulin pada umur 5,5 tahun. Variabel yang diukur adalah diameter (10 cm dari pangkal batang) dan tinggi (diukur dari pangkal batang hingga pucuk apikal tanaman).

Analisis Statistik

Analisis Sidik Ragam

Data dari hasil pengukuran kemudian dianalisis secara statistik. Model analisis sidik ragam yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijkl} = \mu + U_i + B_{j(i)} + K_{k(i)} + P_l + F_{m(l)} + \epsilon_{ijklm}$$

dimana:

Y_{ijkl} : pengamatan individu

- μ : rerata umum
- U_i : pengaruh ulangan ke i
- $B_{j(i)}$: pengaruh baris ke j dalam ulangan i
- $K_{k(i)}$: pengaruh kolom ke k dalam ulangan i
- P_l : pengaruh provenan ke l
- $F_{m(l)}$: pengaruh famili ke m dalam provenan ke l
- ϵ_{ijklm} : sisa

Perhitungan komponen varian diperoleh dengan menggunakan analisis model campuran. Ulangan, kolom dalam ulangan, baris dalam ulangan dan provenan sebagai pengaruh pasti (*fixed effect*) sedangkan famili dalam provenan sebagai pengaruh acak (*random effect*) berdasar REML (*Restricted Maximum Likelihood*) (Williams *et al.*, 2002).

Heritabilitas individu

Komponen varian famili dalam provenan digunakan untuk menduga nilai heritabilitas individu (h_i^2) dengan rumus sebagai berikut (Williams *et al.*, 2002):

$$h_i^2 = \frac{\sigma_f^2/r}{\sigma_p^2}$$

dimana:

r = koefisien kekerabatan (*coefficient of relationship*)

σ_f^2 = komponen varian di antara famili dalam provenan

σ_p^2 = komponen varian fenotipik ($\sigma_f^2 + \sigma_e^2$)

Koefisien kekerabatan (r) untuk menghitung heritabilitas individu untuk famili-famili *half-sib* diasumsikan sebesar 1/3 karena di hutan alam kecenderungan terjadinya *neighborhood inbreeding* (perkawinan antar pohon-pohon di sekitar dari spesies yang sama yang masih berkerabat) cukup besar (Williams *et al.*, 2002).

Korelasi Genetik

Korelasi genetik antara dua sifat (r_{xy}) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Williams *et al.*, 2002):

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}^2}{\sqrt{\sigma_x^2 \times \sigma_y^2}}$$

dimana:

r_{xy} = kovarian dua sifat (x dan y) pada level famili

σ_x^2 = komponen varian untuk sifat x pada level famili

σ_y^2 = komponen varian untuk sifat y pada level famili

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Sifat Pertumbuhan

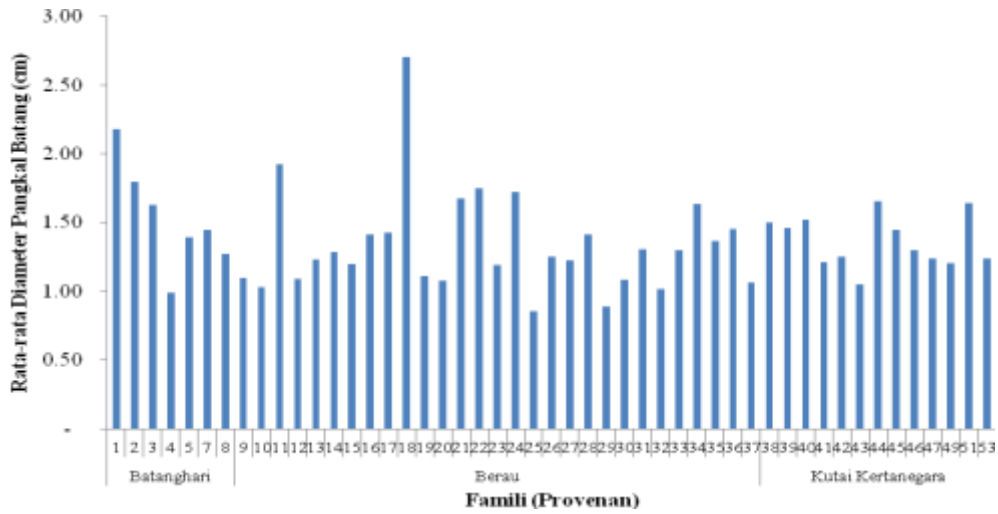
Hasil pengukuran sifat pertumbuhan tanaman pada uji keturunan ulin di Bondowoso pada umur 5,5 tahun disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2 sedangkan analisis sidik ragamnya disajikan pada Tabel 2. Rata-rata diameter batangfamili-famili dari provenan Batanghari (Jambi), Berau (Kalimantan Utara) dan Kutai Kertanegara (Kalimantan Timur) berturut-turut adalah sebesar 2,06 cm, 1,61 cm dan

1,61 cm sedangkan rata-rata tinggi tanaman berturut-turut adalah sebesar 1,37 cm, 1,20 cm dan 1,11 m.

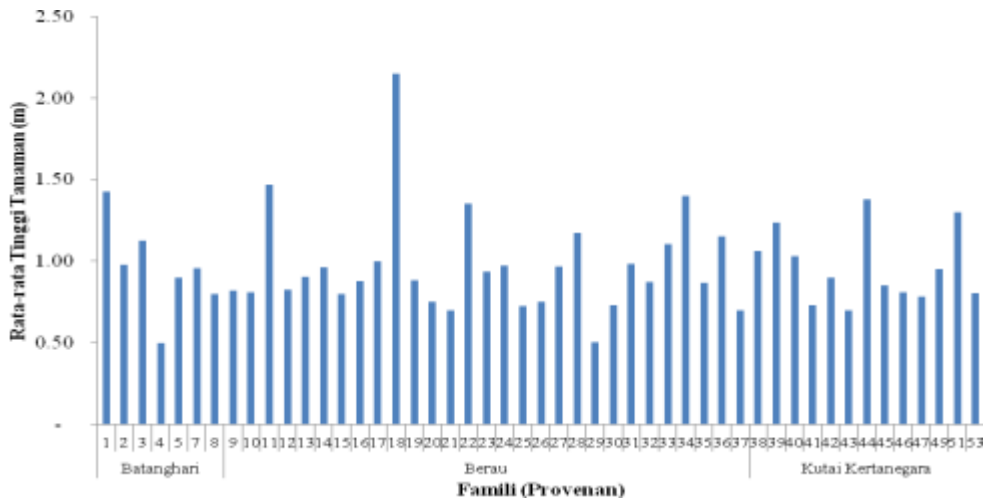
Analisis varian berdasarkan Rancangan Blok Tak Lengkap menunjukkan bahwa sumber variasi kolom dan baris tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, sehingga analisis dilakukan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap Berblok. Hasil analisis varian terhadap sifat diameter dan tinggi tanaman sebagaimana disajikan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa keragaman pertumbuhan antar famili dalam provenan hanya terlihat pada sifat tinggi tanaman, sedangkan untuk sifat diameter tidak terdapat variasi yang signifikan baik antar provenan maupun antar famili dalam provenan. Hal ini sama dengan hasil penelitian Nugroho *et al.* (2011) terhadap tanaman ulin berumur 12 bulan di bawah naungan *Acacia mangium*, namun berbeda dengan hasil penelitian Susanto (2010) terhadap plot uji yang sama dengan penelitian ini pada umur 12 bulan yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar provenan maupun antar famili dalam provenan untuk sifat tinggi tanaman dan antar famili dalam provenan untuk sifat diameter. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh umur tanaman yang masih muda sehingga sifat pertumbuhan belum setabil.

Hasil analisis keragaman genetik ulin berdasarkan penanda RAPD menunjukkan bahwa >65 % keragaman genetik terdapat di dalam populasi, sedangkan sisanya ada di antara populasi (Sulistiyawati *et al.*, 2005, Rimbawanto *et al.*, 2006). Hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman genetik di dalam populasi atau provenan sangat tinggi. Dengan demikian tidak terdapat hubungan yang jelas antara sifat kuantitatif pertumbuhan tanaman dengan variasi genetik dengan menggunakan penanda molekuler sebagaimana dinyatakan oleh Knapp & Rice (1998), Martinez *et al.* (2005) dan Sumiyati *et al.* (2009).

Adanya variasi untuk tinggi tanaman di antara famili pada uji keturunan ulin di Bondowoso tersebut sangat menguntungkan pada program pemuliaan di masa yang akan datang walaupun diameter tidak menunjukkan adanya variasi yang signifikan. Hal ini dikarenakan adanya korelasi genetik yang kuat dan positif antara sifat tinggi dan diameter tanaman dalam penelitian ini yaitu sebesar 0,95 (Tabel 4).



Gambar 1. Rata-rata diameter tanaman ulin umur 5,5 tahun



Gambar 2. Rata-rata tinggi tanaman ulin umur 5,5 tahun

Tabel 2. Analisis varian diameter dan tinggi tanaman pada uji keturunan ulin pada umur 5,5 tahun

Sumber variasi	Derajat Bebas	Rerata Kuadrat	
		Diameter	Tinggi
Ulangan	3	5,843**	2,895**
Provenan	2	0,537ns	0,135ns
Famili (Provenan)	46	0,431ns	0,023*
Sisa	93	0,339	0,251

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 5 %

** = berbeda nyata pada taraf uji 1 %

ns = tidak beda nyata

Taksiran Komponen Varian dan Parameter Genetik

Hasil penaksiran komponen varian berdasarkan model analisis yang telah ditetapkan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi komponen varian sifat pertumbuhan tanaman ulin pada uji keturunan

Sifat pertumbuhan	σ_f^2	$\sigma_f^2(\%)$	σ_e^2	$\sigma_e^2(\%)$
Diameter	0,048	8,50	0,334	58,86
Tinggi	0,049	12,48	0,256	65,55

Keterangan:

σ_f^2 = varian famili dalam provenan
 σ_e^2 = varian sisa

Tabel 3 menunjukkan bahwa komponen varian sisa (σ_e^2) menyumbang persentase varian terbesar untuk sifat diameter dan tinggi tanaman yaitu masing-masing sebesar 58,86 % dan 65,55 %. Hal ini menunjukkan bahwa faktor non genetik atau lingkungan memberikan pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan tanaman pada uji keturunan ulin ini sampai umur 5,5 tahun. Besarnya pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan ini juga terjadi pada tanaman kayuputih umur 23 bulan (Susanto, 2008), *Eucalyptus pellita* umur 12 bulan dan *A. mangium* umur 4 sampai dengan 36 bulan (Leksono, 2008). Nilai komponen varian tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung heritabilitas individu dan korelasi antar sifat sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi heritabilitas individu pada uji keturunan ulin di Bondowoso

Sifat pertumbuhan	Heritabilitas Individu (h_i^2)	Korelasi Genetik (r_g)
Diameter	0,26	0,95
Tinggi	0,37	

Nilai heritabilitas individu untuk tinggi tanaman tergolong tinggi (0,37) dan diameter termasuk sedang (0,25) (Cotterill and Dean, 1990). Nilai heritabilitas individu tersebut lebih kecil dibandingkan dengan heritabilitas individu pada umur 12 bulan yaitu sebesar 0,52 untuk diameter dan 0,58 untuk tinggi (Susanto, 2010). Perubahan nilai heritabilitas individu seiring dengan umur tanaman tersebut juga terjadi pada uji keturunan *A. mangium* (Nirsatmanto,

2005), uji keturunan *E. pellita* (Leksono, 2008) dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* (Setiadi, 2010; 2011). Nilai heritabilitas yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya umur tanaman terjadi karena laju pertambahan varian fenotip lebih besar dari varian aditif sebagaimana disampaikan oleh Surles *et al.* (1995). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan lebih kuat dibandingkan dengan faktor genetik.

Terdapat korelasi genetik yang kuat antara diameter dengan tinggi tanaman ulin yaitu sebesar 0,95 (Tabel 4). Hal ini akan memudahkan pemulia dalam melakukan seleksi. Korelasi genetik antara sifat tinggi dan diameter yang tinggi banyak terjadi pada tanaman kehutanan, antara lain *Falcataria moluccana* (Ismail dan Hadiyan, 2008; Hadiyan, 2010), *Shorea parvifolia* (Prasetyawati, 2009), *A. cunninghamii* (Setiadi, 2010), *Tectona grandis* (Hadiyan, 2009), dan *Intsia bijuga* (Mahfudz, 2013). Korelasi yang kuat ini sangat penting dalam kaitannya dengan seleksi yang akan dilaksanakan, karena dengan menyeleksi tinggi tanaman secara tidak langsung akan memperbaiki sifat pertumbuhan diameter. Namun demikian perlu diperhatikan bahwa ulin memiliki daur hidup yang panjang (Soerianegara and Lemmens, 1994) dan pertumbuhan yang lambat (Soerianegara and Lemmens, 1994; Efendi, 2006; Junaidah *et al.*, 2006) sehingga sifat kuantitatif pertumbuhan pada umur 5,5 tahun kemungkinan besar masih bisa berubah seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa famili-famili ulin dari provenan Batanghari (Jambi) menunjukkan pertumbuhan yang terbaik untuk pertumbuhan diameter dan tinggi tanaman dibandingkan dengan famili-famili dari provenan Berau (Kalimantan Utara) maupun Kutai Kertanegara (Kalimantan Timur). Terdapat variasi antar famili dalam provenan untuk sifat tinggi tanaman, sedangkan untuk sifat diameter tidak terdapat variasi yang signifikan baik antar provenan maupun antar famili dalam provenan. Pertumbuhan tanaman pada uji keturunan ulin sampai umur 54 bulan lebih dipengaruhi oleh faktor non genetik atau lingkungan daripada faktor genetik yang ditunjukkan oleh besarnya varian komponen sisa. Nilai heritabilitas individu ulin untuk sifat tinggi tanaman tergolong tinggi (0,37) sedangkan untuk sifat diameter termasuk sedang (0,25). Dari hasil penelitian ini juga diketahui adanya korelasi genetik yang kuat antara

sifat pertumbuhan diameter dengan tinggi tanaman yaitu sebesar 0,95.

SARAN

Penelitian ini dilakukan pada tahap awal pertumbuhan tanaman yaitu pada umur 5,5 tahun, karena ulin termasuk spesies dengan pertumbuhan lambat dan berdaur panjang, maka diperlukan pengamatan lanjutan secara periodik sampai umur sepertiga daur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lukman Hakim dan M. Anies Fauzi (Peneliti BBPBPTH) yang telah membangun plot penelitian ini, Rusdi Elvia dan Peri Mandala Putra (Teknisi Litkayasa di Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Yogyakarta) dan Budiono (Petugas Lapangan di KHDTK Sumberwringin, Bondowoso) yang telah membantu melakukan pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Cotterill, P. P. and C.A. Dean. 1990. Successful tree breeding with index selection. CSIRO Division of Forestry and Forest Product, Melbourne.

Efendi, R. 2006. Teknik Silvikultur Ulin. Prosiding Workshop Sehari: Peran Litbang dalam Pelestarian Ulin. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman dan Tropenbos Internasional Indonesia. Samarinda, 20 Desember 2006.

IUCN. 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 16 December 2011.

Hadiyan, Y. 2009. Keragaman pertumbuhan uji keturunan jati umur 5 tahun di Ciamis, Jawa Barat. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 3(2):95-102

Hadiyan, Y. 2010. Pertumbuhan dan parameter genetik uji keturunan sengon (*Falcataria moluccana*) di Cikampek Jawa Barat. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 4(2):101-108.

Ismail, B. dan Y. Hadiyan. 2008. Evaluasi awal uji keturunan sengon (*Falcataria moluccana*) umur 8 bulan di Kabupaten Kediri Jawa Timur. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 2(3):1-7.

Junaidah, A.W. Nugroho, H. Siahaan dan A. Sofyan. 2006. Status penelitian dan pengembangan ulin (*Eusideroxylon zwageri* T et. B) di Sumatera Bagian Selatan dalam Peran Litbang Dalam Pelestarian Ulin (Prosiding Workshop). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman dan Tropenbos Internasional Indonesia. Samarinda, 20 Desember 2006.

Knapp, E.E. and K.J. Rice. 1998. Comparison of isozymes and quantitative traits for evaluating patterns of

genetic variation in purple needlegrass (*Nassella pulchra*). Conservation Biology 12(5):1031.

Leksono, B. 2008. Study on breeding strategy of *Eucalyptus pellita*. (Disertasi). The University of Tokyo, Tokyo.

Martawijaya, A., I. Kartasujana, Y.I. Mandang, S.A. Prawira dan K. Kadir. 2005. Atlas Kayu Indonesia Jilid II. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.

Nirsatmanto, A. 2005. Study on Statistical Genetic Analysis and The Application to The Breeding in *Acacia mangium*. (Disertasi). Kyushu University, Kyusu.

Nugroho, A.W., Junaidah, F. Azwar dan J. Muara. 2011. Pengaruh naungan dan asal benih terhadap daya hidup dan pertumbuhan ulin (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.). Jurnal Penelitian Hutan Tanaman 8(5):279-286.

Mahfudz. 2013. Variasi pertumbuhan pada kombinasi dua uji keturunan merbau (*Intsia Bijuga* O.Ktze) di Sobang, Banten Danbintuni, Papua Barat. Info BPK Manado 3(2):131-145.

Martines, S.C.G., L. Gil and R. Alia. 2005. Genetic diversity of *Pinus pinaster* in the Iberian Peninsula: A comparison of allozymes and quantitative traits. Invest Agrar: Sist Recur For 14(1):3-12.

Prasetyawati, C.A. 2009. Evaluasi uji keturunan half-sib *Shorea parvifolia* Dyer umur 2 tahun di PT. Sarmiento Parakantja Timber Kalimantan Tengah. (Thesis). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Rimbawanto, A., A.Y.P.B.C. Widyatmoko dan Harkingto. 2006. Keragaman populasi *E. zwageri* Kalimantan Timur berdasarkan penanda RAPD. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 3(3):193-200.

Setiadi, D. 2010. Keragaman genetik uji provenans dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* pada umur 18 bulan di Bondowoso, Jawa Timur. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 4(1):1-8.

Setiadi, D. 2011. Evaluasi awal kombinasi uji provenans dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* umur 12 Bulan di Bondowoso, Jawa Timur. Jurnal Ilmu Kehutanan 5(1):1-8.

Soerianegara, I. and R.H.M. Lemmens. 1994. Timber Trees: Major Commercial Timbers. PROSEA, Bogor.

Sulistiyawati, P., A.Y.P.B.C. Widyatmoko dan A. Rimbawanto. 2005. Studi keragaman genetik empat populasi *Eusideroxylon zwageri* menggunakan penanda RAPD dalam Peran Konservasi Sumber Daya Genetik, Pemuliaan dan Silvikultur dalam Mendukung Rehabilitasi Hutan (Prosiding Seminar, 26 Mei 2005, Yogyakarta).

Sumiyati, D., F.G. Dwiwati, Istomo dan I.Z. Siregar. 2009. Evaluasi pertumbuhan dan keragaman genetik tanaman palahlar gunung (*Dipterocarpus retusus* Blume.) dan palahlar (*Dipterocarpus hasseltii*

- blume.) berdasarkan penanda RAPD. Jurnal Manajemen Hutan Tropika 15(3):109-116.
- Surles, S.E., T.L. White and G.R. Hodge. 1995. Genetic parameter estimates for seedling dry weight traits and their relationship with parental breeding values in slash pine. Forest Science 41:546-563.
- Susanto, M. 2008. Analisis komponen varian uji keturunan *Melaleuca cajuputi* subsp. *cajuputi* di Paliyan, Gunungkidul. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman 5(Suplemen No.1):199-207.
- Susanto, M. 2010. Variasi genetik pertumbuhan pada uji provenans dan uji keturunan *Eusideroxylon zwageri* di Bondowoso, Jawa Timur. Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan 4(3):137-144.
- Williams, E. R., A.C. Matheson and C.E. Harwood. 2002. Experimental design and analysis for tree improvement. Second edition. CSIRO Publishing, Victoria.

