

KERAGAMAN GENETIK UJI PROVENAS DAN UJI KETURUNAN *Araucaria cunninghamii* PADA UMUR 18 BULAN DI BONDOWOSO, JAWA TIMUR
Genetic Variation of Provenances and Progeny Tests of Araucaria cunninghamii at 18 months old in Bondowoso, East Java

Dedi Setiadi

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta 55582
Telp. (0274) 895954, 896080, Fax. (0274) 896080

ABSTRACT

A progeny test of Araucaria cunninghamii seedling seed orchard was established comprising of eighty open-pollinated families collected from six seed sources (Fak-fak, Sorong, Serui, Wamena, Manokwari and Queensland). The trial was designed as a Randomized Complete Block Design (RCBD) which comprised 80 seedlots, 4 tree- line plots with 4 replicates. At 18 months of age there were significant differences among seed sources for tree height and stem diameter. The survival rate of all seed sources was high (96.7 - 100%). Differences between families within seed source were significant both for height and diameter growth. Heritability estimates for height were moderate ($h^2_f = 0.42$, $h^2_i = 0.19$) and also for diameter ($h^2_f = 0.57$, $h^2_i = 0.30$). Genetic correlation between height and diameter was strong ($r_g = 0.80$).

Key Words : *Araucaria cunninghamii*, heritability, genetic correlation

ABSTRAK

Uji keturunan *Araucaria cunninghamii* telah dibangun menggunakan rancangan acak lengkap berblok (*Randomized Completely Block Design*) dengan 6 sumber benih, 80 famili, 4 blok, 4 pohon per plot dengan jarak tanam 4 m x 2 m. Pada umur 18 bulan, perbedaan tinggi dan diameter di antara sumber benih signifikan. Persentase tumbuh umumnya tinggi (96,7% - 100%). Heritabilitas pertumbuhan tinggi ($h^2_f = 0,42$; $h^2_i = 0,19$) dan heritabilitas diameter ($h^2_f = 0,57$; $h^2_i = 0,30$) termasuk klasifikasi sedang. Korelasi genetik antara tinggi dan diameter cukup kuat ($r_g = 0,80$).

Kata Kunci : *Araucaria cunninghamii*, heritabilitas, korelasi genetik

I. PENDAHULUAN

Araucaria cunninghamii Aiton ex D. Don merupakan salah satu jenis konifer dalam famili Araucariaceae. Jenis ini tumbuh secara alami di sebagian hutan alam Queensland-Australia, Papua New Guinea, dan Papua Indonesia. Di Papua, *A. cunninghamii* tumbuh secara alami mulai dari bagian utara sampai barat, yaitu Sorong, Manokwari, Fak-Fak, Serui, Nabire, Wamena dan Jayapura. Penggunaan jenis kayu ini potensial untuk semua spektrum penggunaan kayu lunak, antara lain bahan baku industri kertas dan pulp, kayu lapis, vinir, panel, lantai dan kayu pertukangan. Selain itu, getahnya mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi. Potensi jenis ini dari waktu ke waktu terus mengalami ancaman karena banyak faktor, seperti penebangan liar, konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian dan tujuan yang lainnya serta kebakaran hutan. Ancaman kerusakan ini dikhawatirkan akan menyebabkan menurunnya keragaman genetik dan menyempitnya basis genetik, yang keduanya sangat diperlukan untuk mendukung kegiatan pemuliaan jenis ini di masa yang akan datang.

Sebagaimana diketahui bahwa saat ini pemerintah daerah mulai melakukan upaya membangun hutan tanaman araukaria produktif secara serius melalui silvikultur intensif di sentra-sentra potensial habitat araukaria, sebagai salah satu langkah antisipatif dalam menghambat laju kerusakan hutan alam. Sementara itu, keberadaan hutan alam Papua tetap harus dipertahankan karena masih sangat banyak manfaat hutan alam yang belum digali secara optimal untuk dimanfaatkan bagi kesejahteraan masyarakat. Untuk itulah perlu dibangun kebun benih yang mampu memproduksi benih araukaria unggul

dalam jumlah yang cukup, agar program silvikultur intensif araukaria dapat diwujudkan.

Mengingat *A. cunninghamii* mempunyai potensi untuk dikembangkan di Indonesia dalam mendukung kegiatan pembangunan kehutanan Indonesia, maka perlu dilaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan untuk jenis ini. Jenis ini mempunyai sebaran tempat tumbuh yang luas (0 - 1.000 m dpl). Oleh karena itu, jenis ini dapat dikembangkan di daerah yang luas, khususnya di daerah dataran tinggi (> 500 m dpl). Untuk itulah melalui Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (B2PBPTH) Yogyakarta uji keturunan *A. cunninghamii* telah dirancang dan dibangun di hutan penelitian Bondowoso, Jawa Timur. Uji keturunan ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi genetik mengenai spesies yang diuji, memperoleh benih berkualitas genetik baik untuk pembuatan tanaman bila uji keturunan dikonversi menjadi kebun benih, dan menyediakan plot permanen konservasi sumber plasma nutfah untuk kegiatan pemuliaan dan bioteknologi di masa yang akan datang (Wright, 1976; Zobel dan Talbert, 1984).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya keragaman genetik dari beberapa sifat yang penting untuk dimuliakan dari uji keturunan *A. cunninghamii* tersebut. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai daya adaptasi, keragaman genetik, nilai heritabilitas dan korelasi genetik antar sifat.

II. BAHAN DAN METODE

A. Tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada Hutan Penelitian Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta di Bondowoso. Secara administratif hutan penelitian tersebut terletak di Desa Wringinanom, Kecamatan Sukosari, Kabupaten Bondowoso. Tapak uji keturunan memiliki tipe iklim B (Schmidt dan Ferguson) dengan rerata curah hujan sebesar 2.400 mm/tahun. Jenis tanahnya termasuk Andosol. Tapak tergolong datar dengan kelerengan rata-rata 0-10%, terletak pada ketinggian tempat 800 m dpl.

B. Bahan penelitian

Uji keturunan *A. cunninghamii* dibangun pada bulan Januari 2008 dari 6 sumber benih yang terdiri dari 5 sumber benih populasi alam Papua (Fak-Fak, Sorong, Serui, Wamena dan Manokwari) sebanyak 60 famili dan 1 sumber benih dari Queensland (CSIRO) sebanyak 20 famili. Uji keturunan dirancang mengikuti rancangan acak berblok (*Randomized Completely Block Design*) dengan 6 sumber benih, 80 famili, 4 blok, 4 pohon per plot dengan jarak tanam 4 m x 2 m. Data sumber asal benih yang digunakan dalam penelitian ini selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

C. Karakter yang diukur

Pengukuran sifat pohon dilakukan pada semua individu pohon pada umur 18 bulan. Karakter yang diukur adalah tinggi pohon dan diameter batang. Tinggi pohon total (cm) diukur mulai dari permukaan tanah sampai titik tumbuh apikal (ujung pohon). Diameter batang (mm), diukur pada bagian batang dengan menggunakan kaliper pada ketinggian 20 cm di atas permukaan tanah. Data ini kemudian dianalisis untuk mengetahui rerata pertumbuhan tanaman, keragaman sifat di antara famili yang diuji dan nilai parameter genetik.

D. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan model linier sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + F_k(P_j) + E_{ijk}$$

Keterangan :

Y_{ijk} = karakteristik yang diukur

μ = nilai rerata umum

B_i = efek blok ke i

P_j = efek provenans ke j

$F_k(P_{vj})$ = efek famili k dalam provenans j

E_{ijk} = efek eror ke ijk

Heritabilitas ditaksir menggunakan formula sebagai berikut (Hardiyanto 2007) :

$$h_r^2 = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + (\sigma_{bf}^2) / b + (\sigma_c^2) / nb}$$

Tabel 1. Sumber asal benih yang digunakan dalam uji keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso-Jawa Timur.

No	Provenans	Jumlah Famili	Lokasi	Grs.Lintang (Selatan)	Grs. Bujur (Timur)	Ketinggian tempat (m dpl)
1	Serui	11	Kanobon	02 ° - 34 '	135 ° - 11 '	800
2	Wamena	28	Napua	04 ° - 21 '	135 ° - 11 '	1600
3	Manokwari	12	Kebar	02 ° - 59 '	139 ° - 09 '	1200
4	Jayapura	6	Cyklop	04 ° - 25 '	140 ° - 38 '	1600
5	Queensland	16	Yarraman	26 ° - 52 '	152 ° - 25 '	1000
6	Fak-fak	7	Fak-fak	02 ° - 34 '	132 ° - 31 '	900

$$h_i^2 = \frac{3\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_{bf}^2 + \sigma_e^2}$$

Komponen varians famili (σ_f^2) diasumsikan sebesar 1/3 varians genetik aditif (σ^2A), karena benih dikumpulkan dari pohon induk dengan penyerbukan alami pada hutan alam di mana sebagian benih kemungkinan hasil dari kawin kerabat (*neighborhood inbreeding*).

Keterangan :

- h_i^2 = nilai heritabilitas individu
- h_f^2 = nilai heritabilitas famili
- σ_f^2 = komponen varians famili
- σ_{bf}^2 = komponen varians interaksi antara blok dan famili
- σ_e^2 = komponen varians error
- n = rerata harmonik jumlah pohon per plot
- b = rerata harmonik jumlah blok

Taksiran korelasi genetik antar karakteristik dihitung menggunakan formula sebagai berikut (Zobel dan Talbert, 1984) :

$$r_g = \frac{\sigma_{fxy}}{\sqrt{(\sigma_{fx}^2 \cdot \sigma_{fy}^2)}}$$

Sedangkan untuk menghitung besarnya komponen kovarians untuk dua sifat (x dan y), menggunakan rumus sebagai berikut (Fins *et al.*, 1992):

$$\sigma_{fxy} = 0,5 (\sigma_{f(x+y)}^2 - \sigma_{fx}^2 - \sigma_{fy}^2)$$

- r_g = korelasi genetik
- $\sigma_{f(x+y)}$ = komponen kovarians untuk sifat x dan y
- $\sigma_{f(x+y)}^2$ = komponen varians untuk sifat x dan y
- $\sigma_{f(x)}^2$ = komponen varians famili untuk sifat x
- $\sigma_{f(y)}^2$ = komponen varians famili untuk sifat y

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Daya Adaptasi

Kemampuan tumbuh dan adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan tempat tumbuh dapat diamati secara nyata berdasarkan kriteria persen hidup tanaman. Pengamatan terhadap persen hidup tanaman di lapangan dilakukan dengan menghitung jumlah individu yang mati pada setiap famili dalam masing-masing blok. Semua provenans memiliki persen hidup tinggi (100%), hanya dua provenans yang memiliki persen hidup sedikit lebih rendah (96,7%) yaitu provenans Manokwari dan Jayapura. Pada per-tanaman uji ini faktor penyebab kematian yang utama adalah serangan penyakit di pangkal batang berupa busuk batang dan kekeringan akibat musim kemarau.

B. Variasi Genetik

Data pengukuran uji keturunan pada umur 18 bulan dianalisis dengan menggunakan analisis varians. Hasil analisis varians untuk pertumbuhan tinggi dan diameter disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata di antara provenans yang diuji untuk pertumbuhan tinggi, sedangkan untuk pertumbuhan diameter batang menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Hal ini memberi arti bahwa di antara provenans yang diuji terdapat variasi genetik yang memberi pengaruh pada pertumbuhan diameter batang, sehingga memberi harapan pada perbaikan genetik dari generasi ke generasi berikutnya melalui program seleksi. Untuk memantau konsistensi dari peran variasi genetik antar famili tersebut perlu dilakukan pengukuran dan analisis serupa pada umur-umur selanjutnya.

Tabel 2. Analisis keragaman untuk karakter tinggi dan diameter *A. cunninghamii* pada umur 18 bulan di Bondowoso-Jawa Timur.

Sumber variasi	db	Kuadrat Tengah	Pr > F
Tinggi			
Blok	3	72949,8333	<.0001**
Provenans	5	2960,3374	0.0023**
Famili (Provenans)	74	2374,2500	<.0001**
Blok x Fam. (Provenans)	230	1409,6113	<.0001**
Eror	959	791,272	
Diameter			
Blok	3	418,499992	<.0001**
Provenans	5	274,398199	<.0001**
Famili (Provenans)	74	60,506708	<.0001**
Blok x Fam (Provenans)	230	26,409306	0.0004**
Eror	959	18,93944	

Keterangan: ** = berbeda nyata pada taraf uji 1%

Widyatmoko *et al.* (2005) melaporkan bahwa besarnya keragaman genetik populasi alam berdasarkan penanda RAPD *A. cunninghamii* adalah 0,275. Keragaman genetik ini lebih besar daripada rata-rata keragaman genetik baik kelompok tanaman jenis tropis maupun jenis konifer. Jarak genetik antar populasi sebesar 0,194, yang berarti bahwa lebih dari 80% keragaman genetik terdistribusi di dalam populasi, sedangkan sisanya adalah antar populasi. Hasil analisis keragaman genetik berdasarkan teknik molekuler sejalan dengan hasil dari uji keturunan yang dilaporkan ini. Keragaman genetik yang tinggi di dalam populasi (antar famili) memberikan perbedaan yang signifikan untuk tinggi maupun diameter di antara famili. Hal ini disebabkan oleh karena famili-famili yang diuji tersebut berasal dari berbagai provenansi seperti telah dikemukakan di atas. Namun demikian keragaman yang besar diantara famili dalam satu provenansi untuk kedua sifat banyak terjadi pada spesies-spesies lainnya. Zobel dan Talbert (1984) telah mengemukakan bahwa keragaman sifat pohon diantara individu pohon dipengaruhi oleh

sifat genetik. Karena famili-famili yang diuji tersebut berasal dari berbagai individu pohon induk maka keragaman genetiknya sangat tinggi. Hal ini sangat berguna dalam menyusun strategi pemuliaan pada kebun benih tersebut. Nikles (1996) melaporkan bahwa di Queensland program pemuliaan intensif telah dilakukan untuk jenis ini sejak sekitar tahun 1950. Dari program tersebut, perolehan genetik yang nyata telah didapatkan (paling tidak 20% perbaikan produksi telah dicapai pada generasi I pemuliaannya). Sebaliknya usaha pemuliaan jenis yang sama di PNG berlangsung setengah-setengah dan belum memberikan keuntungan yang berarti bagi industri di PNG. Sumber genetik jenis ini yang berada di Australia telah secara seksama dipelajari melalui uji provenans dan telah digunakan untuk populasi pemuliaan. Selain itu, eksploitasi hutan alamnya telah dihentikan dan sumber genetiknya secara efektif telah dikonversi secara *in-situ*. Sementara itu di PNG dan Papua sangat sedikit studi tentang variasi genetik yang ada dan mengenai keberadaan jenis ini secara alam. Konservasi yang efektif baik secara *in-situ* maupun

ex-situ juga belum dilakukan. Oleh karenanya, perlu dilakukan berbagai macam program, baik kegiatan konservasi maupun pemuliaan pohon. Informasi variasi genetik tersebut di atas tentunya akan sangat bermanfaat untuk kedua program tersebut.

C. Nilai Heritabilitas dan Korelasi Genetik

Penaksiran nilai heritabilitas dilakukan untuk mengetahui proporsi faktor genetik yang diturunkan dari induk kepada keturunannya, sedangkan untuk melihat keeratan hubungan antar sifat pertumbuhan maka dilakukan perhitungan korelasi genetik. Taksiran nilai heritabilitas dan korelasi genetik tinggi dan diameter pada uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 18 bulan di Bondowoso-Jawa Timur disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa taksiran nilai heritabilitas famili untuk sifat tinggi sebesar 0,42 dan untuk sifat diameter sebesar 0,57, sedangkan nilai heritabilitas individu untuk sifat tinggi sebesar 0,19 dan untuk sifat diameter sebesar 0,30. Mengacu pada klasifikasi yang disebutkan oleh Cotterill dan Dean (1990), maka nilai herita-

bilitas famili maupun individu untuk sifat tinggi dan diameter termasuk moderat. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi pertumbuhan sifat tinggi dan diameter cukup kuat dipengaruhi faktor genetik. Eisemann *et al.* (1990) melaporkan bahwa nilai heritabilitas uji keturunan *A. cunninghamii* umur 4 tahun untuk sifat tinggi sebesar 0,20, umur 8 tahun untuk sifat tinggi sebesar 0,21, umur 8 tahun untuk sifat diameter sebesar 0,22 dan umur 12 tahun untuk sifat diameter sebesar 0,25. Hasil taksiran nilai heritabilitas, korelasi genetik dan fenotipik dari berbagai tingkat umur tanaman uji keturunan *A. Cunninghamii* di Queensland disajikan pada Tabel 4 sebagai perbandingan.

Berdasarkan informasi pada Tabel 4 terlihat bahwa taksiran nilai heritabilitas bervariasi untuk masing-masing tingkatan umur. Ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan pada umur tersebut lebih kuat dibandingkan pengaruh genetik seperti yang disebutkan Surles *et al.* (1995) bahwa penurunan nilai heritabilitas terjadi karena laju penambahan varians fenotip lebih besar dari

Tabel 3. Taksiran nilai heritabilitas dan korelasi genetik tinggi dan diameter pada uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 18 bulan di Bondowoso-Jawa Timur.

Karakter	Heritabilitas		Korelasi genetik
	h^2_f	h^2_i	
Tinggi	0,42	0,19	0,80
Diameter	0,57	0,30	

Tabel 4. Hasil taksiran nilai heritabilitas korelasi genetik, fenotipik dari berbagai tingkat umur tanaman uji keturunan *Araucaria cunninghamii* (nilai heritabilitas yang di blok pada garis diagonal, korelasi genetik terletak di atas diagonal dan korelasi fenotipe terletak di bawah garis diagonal)

Sifat yang diukur	Tinggi (4 thn)	Tinggi (8 thn)	Diameter (8 thn)	Diameter (12 thn)
Tinggi (4 thn)	0,20	0,86	0,79	0,69
Tinggi (8 thn)	0,82	0,21	0,83	0,58
Diameter (8 thn)	0,82	0,65	0,22	0,93
Diameter (12 thn)	0,73	0,70	0,87	0,25

Sumber : Eisemann *et al.* (1990)

varians aditif. Menurut Wright (1976), terjadinya perbedaan nilai heritabilitas suatu sifat akan berbeda untuk jenis, tempat, waktu dan pola pertanaman yang berbeda. Selanjutnya dikatakan bahwa nilai heritabilitas ini tergantung oleh variasi genetik dan lingkungan. Dengan demikian bahwa nilai heritabilitas tanaman yang dianalisis pada umur muda belum stabil, sehingga seiring dengan pertambahan umur tanaman masih memungkinkan untuk terjadinya perubahan nilai heritabilitas yang cukup besar.

Korelasi genetik antara tinggi dan diameter memiliki nilai positif (0,80). Hal ini menyatakan bahwa pertumbuhan meninggi dan pertumbuhan diameter mempunyai keeratan hubungan yang cukup erat dan positif. Ini berarti bahwa perbaikan sifat tinggi akan diikuti pula oleh perbaikan sifat diameter. Jika kondisi ini bertahan hingga umur akan dilakukan seleksi, maka proses seleksi bisa efisien karena bisa hanya dengan mengambil satu sifat saja.

IV. KESIMPULAN

Dari evaluasi tingkat semai sampai uji keturunan *A. cunninghamii* umur 18 bulan di Bondowoso maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara berurutan provenans yang adaptabilitasnya tinggi sampai umur 18 bulan di lokasi penanaman Bondowoso, Jawa Timur adalah provenans dari Serui, Wamena, Queensland dan Fak-Fak (100%), dilanjutkan dari provenans Manokwari dan Jayapura (96,7%).
2. Keragaman genetik sifat pertumbuhan pada famili-famili di dalam provenans *A. cunninghamii* cukup tinggi.

3. Taksiran nilai heritabilitas yang diperoleh pada uji keturunan *A. cunninghamii* umur 18 bulan termasuk klasifikasi moderat. Untuk karakter tinggi sebesar 0,42 untuk heritabilitas famili dan sebesar 0,19 untuk nilai heritabilitas individu. Nilai heritabilitas karakter diameter sebesar 0,57 untuk heritabilitas famili dan sebesar 0,30 untuk nilai heritabilitas individu.
4. Korelasi genetik untuk pertumbuhan tinggi dan diameter menunjukkan nilai yang positif dan tinggi (0,80). Ini menyatakan bahwa pertumbuhan meninggi dan pertumbuhan diameter mempunyai keeratan hubungan yang cukup erat dan positif, dimana perbaikan suatu sifat akan diikuti dengan perbaikan sifat lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. AYPBC Widyatmoko selaku koordinator penelitian Araukaria yang telah mengarahkan penulisan dan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada peneliti dan teknisi tim penelitian Araukaria yang telah membantu pelaksanaan penelitian sampai pembangunan kebun benih Araukaria.

DAFTAR PUSTAKA

- Cotteril, P.P., dan C. A. Dean, 1990. *Successfull Tree Breeding With Index Selection*. CSIRO, Melbourne.
- Dieters, M.J., Nikles, D.G., and Johnson, M.J., 2002, *Genetic Improvement and Conservation: A Case Study of *Araucaria cunninghamii**

hamii, Proceedings International Seminar 'Advances in Genetic Improvement of Tropical Tree Species', Yogyakarta, Indonesia, October 1-3.

Eisemann, R. L., Harding, K.J. and Eccles, D.B. (1990). Genetic parameters and predicted selection response for growth and wood properties in a population of *Araucaria cunninghamii*. *Silvae Genetica* **39**:206-216.

Fins, L., S.T. Friedman, dan J.V. Brotschol, 1992. *Handbook of Quantitative Forest Genetic*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Hardiyanto, E.B., 2007. *Hand Out Mata Kuliah Pemuliaan Pohon*, Program Pasca Sarjana Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Namkoong, G., 1981. *Introduction to Quantitative Genetic in Forestry*. Castle House Publication, London.

Nikles, D. G. 1966. The first 50 years of the evaluation of forest tree improvement in Queensland. *In* Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Proc. QFRI-IUFRO Conf.

Surles, S.E., T.L. White, and G.R. Hodge. 1995. Genetic Parameters for Seedling Dry Weight Trait and Their Breeding Values in Slash Pine. *Forest Science*, Vol 41, No.3.

Schmidt, F. A. and J. H. A. Ferguson , 1951. *Rainfalls Types Based on Wet and Dry Period Ratio for Indonesia and Western New Guinea Verth*. 42. Jawatan Meteorologi dan Geofisika Jakarta

Widyatmoko, AYPBC., Rimbawanto, A., dan Suharyanto. 2005. Keragaman Genetik

Araucaria cunninghamii Menggunakan Penanda RAPD. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Hutan-Peran Konservasi Sumber Daya Genetik, Pemuliaan dan Silvikultur dalam Mendukung Rehabilitasi Hutan, E.B hardiyanto (ed.). Fakultas Kehutanan UGM dan ITTO. Yogyakarta. pp 397-408

Wright, J . W., 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York.

Zobel, B. and Talbert J., 1984. *Applied Tree Improvement*. John Wiley & Sons, Inc., 505 p