

**TAKSIRAN PARAMETER GENETIK UNTUK PERTUMBUHAN DAN KELURUSAN
BATANG UJI KETURUNAN *Araucaria cunninghamii* UMUR 5 TAHUN
DI BONDOWOSO, JAWA TIMUR**

*Genetic Parameter Estimates for Growth and Stem Straightness in a 5-Year Old
Open-Pollinated Progeny Test of *Araucaria cunninghamii* 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

*An open-pollinated progeny test of *Araucaria cunninghamii* was established in Bondowoso, East Java. The seeds were collected from 28 parent trees in 3 provenances in Papua. The progeny test was arranged according to Randomized Complete Block Design consisting of 28 families, 8 replications, 4 lines tree plot and spacing at 4 m x 3 m. At five years of age differences between provenances or families within provenance was significant for height, diameter and stem straightness. Heritability estimates for height, diameter and stem straightness were all moderate: ($h^2_f = 0.44$, $h^2_i = 0.11$) for height, ($h^2_f = 0.36$, $h^2_i = 0.12$) for diameter and ($h^2_f = 0.42$, $h^2_i = 0.13$) for straightness). The genetic correlations between traits were strong and positive: 0.62 for height and diameter, 0.73 for diameter and straightness ($r_g=0.73$) and 0.78 for height and straightness. The genetic gains from family selection with selection intensity of 70% for height, diameter and stem straightness were 7.8%, 2.5%, and 9.7% respectively, while those from individual selection with selection intensity of 10 % for height, diameter and stem straightness were 10.7%, 4.6% and 15.3% respectively.*

Key Words : *Araucaria cunninghamii*, progeny test, heritability, genetic correlation, genetic gain

ABSTRAK

Kebun benih semai uji keturunan *Araucaria cunninghamii* dibangun di Bondowoso, Jawa Timur menggunakan rancangan acak lengkap berblok (*randomized complete block design*) dengan 3 sumber benih, 28 famili, 8 blok, 4 pohon per plot dengan jarak tanam 4 m x 3 m. Pengamatan tinggi, diameter batang dan kelurusan batang dilakukan pada umur 5 tahun. Perbedaan di antara provenans, famili di dalam provenans signifikan untuk karakter tinggi, diameter dan kelurusan batang. Nilai heritabilitas individu (h^2_i) untuk pertumbuhan tinggi, diameter dan kelurusan batang berturut-turut sebesar 0,11; 0,12 dan 0,13, sementara itu heritabilitas famili (h^2_f) untuk pertumbuhan tinggi, diameter dan kelurusan batang berturut-turut sebesar 0,44; 0,26 dan 0,42. Korelasi genetik antara sifat diketemukan sangat kuat dan positif : tinggi dengan diameter sebesar 0,62, diameter dengan kelurusan batang sebesar 0,73, tinggi dengan kelurusan batang sebesar 0,78. Melalui seleksi famili dengan intensitas seleksi sebesar 70% maka diperoleh taksiran perolehan genetik sebesar 7,8% untuk tinggi, 2,5%

untuk diameter dan 9,7% untuk kelurusan batang, sedangkan seleksi individu dengan intensitas seleksi 10% maka diperoleh perolehan genetik sebesar 10,6% untuk tinggi, 4,6% untuk diameter dan 15,3% untuk kelurusan batang.

Kata Kunci : *Araucaria. cunninghamii*, uji keturunan, heritabilitas, korelasi genetik, perolehan genetik

I. PENDAHULUAN

Araucaria cunninghamii Aiton ex D. Don merupakan salah satu spesies konifer dalam famili *Araucariaceae*. Spesies ini tumbuh secara alami di sebagian hutan alam di Queensland-Australia Selatan, Papua New Guinea dan Papua-Indonesia. Di Papua *A. cunninghamii* tumbuh secara alami di bagian utara sampai barat dari pulau ini pada ketinggian tempat 700 -2000 m dpl (FPPK-UNCEN,1980). Oleh karena itu pengembangan spesies ini khususnya pada daerah dataran tinggi sangat diperlukan. Kayunya sangat baik untuk bahan baku industri kertas dan pulp, kayu lapis, vinir, panel, lantai, kayu pertukangan (Dean *et al.*,1988) serta mengandung getah yang bisa disadap.

Sumber genetik *A. cunninghamii* yang ada di PNG dan Papua selama ini belum banyak digunakan untuk dikembangkan dalam bentuk hutan tanaman. Selain itu status kegiatan konservasi dari hutan alam yang ada juga tidak jelas. Program pemuliaan intensif telah dilakukan di Queensland untuk spesies ini sejak sekitar tahun 1950 (Nikles, 1996). Dari program tersebut, perbaikan genetik yang nyata telah diperoleh sekitar 20% , sedangkan usaha pemuliaan spesies yang sama di PNG belum memberikan keuntungan yang berarti bagi industri. Sementara

itu studi yang telah dilakukan tentang variasi genetik masih sangat sedikit.

Dalam upaya pembangunan hutan tanaman, Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta pada tahun 2002 membangun kebun benih uji keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso-Jawa Timur. Upaya ini perlu secara periodik dievaluasi agar dapat memantau potensi dan perbaikan genetik tanaman araukaria itu. Tujuan penelitian ini adalah menaksir parameter genetik untuk sifat pertumbuhan tanaman dan bentuk batang pada uji keturunan *A. cunninghamii* tersebut.

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

A. Pemapanan Uji Keturunan

Benih dikumpulkan dari pohon induk dari hutan alam Papua di Pegunungan Nerwah, Tuan dan Tumbii. Pemilihan pohon induk didasarkan pada fenotipnya, yang sifat fenotipik tersebut merupakan cerminan dari hasil interaksi antara faktor genetik dan lingkungan tempat tumbuhnya (Wright, 1976; Zobel dan Talbert, 1984). Seleksi pohon induk didasarkan baik pada sifat kualitatif maupun kuantitatif seperti tinggi dan diameter batang, tinggi bebas cabang, lebar tajuk, bentuk batang, resistensi terhadap serangan hama dan

penyakit. Informasi secara lengkap mengenai populasi dimana benih dikoleksi disajikan pada Tabel 1.

Pembangunan kebun benih semai uji keturunan *A. cunninghamii* dimulai sejak tahun 2002. Secara administratif kebun benih tersebut berada di Desa Wringin Anom, Kec. Sukosari, Kab. Bondowoso, Propinsi Jawa Timur dengan tipe iklim B, curah hujan 2.400 mm/tahun. Jenis tanah Andosol, kelerengan rata-rata 0-10%, fisiografi dataran serta ketinggian tempat 800 m dpl.

Uji keturunan dibangun mengikuti rancangan acak lengkap berblok (*Randomized Complete Block Design*) dengan menggunakan 28 famili

yang berasal dari 3 provenans (Nerwah, Tuan dan Tumbii), 8 replikasi, 4 pohon per plot dengan jarak tanam 4 m x 3 m. Karakter yang diukur adalah sebagai berikut: tinggi pohon total diukur dari pangkal batang sampai ujung tajuk tanaman, diameter batang diukur pada setinggi dada (1,3 m di atas tanah) dan bentuk batang dinilai dengan sistem skor dari 1 sampai 5 (Hardiyanto, 2007). Pengukuran didasarkan pada tingkat kelurusan batang pada populasi tersebut yang mengikuti pola distribusi normal, dengan kriteria sebagai berikut:

Skor 1 : bentuk batang terjelek

Skor 2 : bentuk batang di bawah rata-rata

Skor 3 : bentuk batang rata-rata dalam populasi

Tabel 1. Famili dan provevans yang diuji pada uji keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso-Jawa Timur

No. Famili	Provenans	Grs Lintang (LS)	GrsBujur (BT)	Tinggi Tempat (m dpl)
1	P12 - Nerwah II	01° 05'	133° 01'	1250
2	P1 - Nerwah II	01° 10'	133° 12'	1250
3	P2 - Nerwah II	01° 21'	133° 19'	1200
4	P3 - Nerwah II	01° 28'	133° 24'	1200
5	P4 - Nerwah II	01° 34'	133° 31'	1300
6	P7 - Nerwah II	01° 40'	133° 38'	1300
7	P8 - Nerwah II	01° 51'	133° 43'	1300
8	P9 - Nerwah II	01° 59'	133° 47'	1300
9	P11-Nerwah II	01° 54'	133° 55'	1300
10	P1 - Tuan	04° 01'	132° 04'	1200
11	P2 - Tuan	04° 07'	132° 11'	1200
12	P3 - Tuan	04° 12'	132° 09'	1300
13	P4 - Tuan	04° 18'	132° 14'	1300
14	P5 - Tuan	04° 25'	132° 20'	1300
15	P6 - Tuan	04° 29'	132° 27'	1300
16	P7 - Tuan	04°36'	132° 17'	1300
17	P8 - Tuan	04° 42'	132° 33'	1350
18	P9 - Tuan	04° 47'	132° 38'	1350
19	P10 - Tuan	04° 52'	132° 43'	1350
20	P11 - Tuan	04° 58'	132° 48'	1350
21	P12 - Tuan	04° 52'	132° 53'	1350
22	P13 - Tuan	04° 59'	132° 59'	1350
23	P1 - Tumbii	08° 59'	134° 09'	1300
24	P2 - Tumbii	08° 44'	134° 14'	1300
25	P3 - Tumbii	08° 01'	134° 60'	1300
26	P7 - Tumbii	08° 07'	134° 57'	1300
27	P9 - Tumbii	08° 12'	134° 47'	1350
28	P10 - Tumbii	08° 18'	134° 53'	1350

Skor 4 : bentuk batang di atas rata-rata

Skor 5 : bentuk batang terbaik

B. Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis dengan menggunakan analisis varians menurut model sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + F(P)_k + BF(P)_{ik} + E_{ijkl}$$

dimana :

Y_{ijk} = pengamatan individu pohon ke-k dari famili ke-j dalam blok ke-i

μ = nilai rerata umum

B_i = efek blok ke-i

P_j = efek provenans ke-j

$F(P)_k$ = efek famili ke-k di dalam provenans ke-j

BF_{ij} = efek interaksi blok ke-i pada famili ke-k di dalam provenans ke-j

E_{ijk} = error random

Semua variabel perlakuan diasumsikan bersifat random, kecuali provenans bersifat tetap (*fixed*).

Analisis varians dan kuadrat rerata harapan untuk penentuan komponen varians disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Estimasi heritabilitas individu (h^2_i) dan famili (h^2_f) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Hardiyanto, 2007) :

$$h^2_i = \frac{ff}{f}$$

$$h^2_f = \frac{\sigma^2_f}{\sigma^2_e / nb + \sigma^2_{fb} / b + \sigma^2_f}$$

h^2_i = nilai heritabilitas individu

h^2_f = nilai heritabilitas famili

σ^2_f = komponen varians famili

σ^2_{fb} = komponen varians interaksi famili dengan blok

σ^2_e = komponen varians eror

rerata harmonik jumlah pohon per plot

rerata harmonik jumlah blok

Taksiran korelasi genetik pada beberapa sifat dihitung menurut persamaan berikut (Zobel dan Talbert, 1984) :

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

Dimana :

rG = korelasi genetik

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

Tabel 2. Analisis varians dan rata-rata kuadrat harapan

Sumber varians	Derajat Bebas	Kuadrat Rerata	Kuadrat Rerata Harapan
Blok	b-1	KRB	$\sigma^2_E + n \sigma^2_{BF(P)} + n f \sigma^2_B$
Provenans	p-1	KRP	$\sigma^2_E + n \sigma^2_{BF(P)} + n b \sigma^2_{F(P)} + n b f \sigma^2_P$
Famili-dalam Provenans	f-1-db provenans	KRF	$\sigma^2_E + n \sigma^2_{BF(P)} + n b \sigma^2_{F(P)}$
Blok x Famili -dalam provenans	(db famili)(db blok)	KRFB	$\sigma^2_E + n \sigma^2_{BF(P)}$
Error	(n-1) bf	RKE	σ^2_E

$\sigma^2_{f(x+y)}$ = komponen varians untuk sifat x dan y

$\sigma^2_{f(x)}$ = komponen varians famili untuk sifat x

$\sigma^2_{f(y)}$ = komponen varians famili untuk sifat y

Komponen kovarians untuk dua sifat (x dan y), dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Fins *et al.*, 1992) :

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

Perolehan genetik dari uji keturunan *half-sib* karena tindakan seleksi ditaksir menggunakan formula (Namkoong, 1981; Zobel *et al.*, 1984; Cotterill *et al.*, 1990) sebagai berikut:

$$G = h^2 \cdot i \cdot \sigma_p$$

dimana :

G = perolehan genetik dinyatakan dalam % dari rerata

h^2 = taksiran nilai heritabilitas

i = intensitas seleksi

σ_p = standar deviasi fenotip

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pertumbuhan dan Kelurusan Batang

Hasil analisis varians pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan yang nyata untuk tinggi, diameter dan kelurusan batang diantara provenans yang diuji. Hasil ini menunjukkan, terdapat variasi genetik pada uji keturunan tersebut dan memberikan kesempatan untuk mendapatkan peningkatan genetik yang besar untuk sifat-sifat tersebut apabila dilakukan seleksi.

Perbedaan di antara famili dalam provenans yang diuji pada umur 5 tahun untuk pertumbuhan tinggi, diameter batang dan kelurusan batang

nampak adanya perbedaan yang sangat nyata. Hasil ini menunjukkan adanya variasi genetik yang tinggi pada uji keturunan tersebut dan memberikan kesempatan untuk mendapatkan peningkatan genetik yang besar untuk sifat-sifat tersebut apabila dilakukan seleksi antar famili. Eisemann, *et al.* (1990) melaporkan pada penelitian spesies yang sama umur 15 tahun, yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan di antara provenans yang diuji. Keragaman yang tinggi di antara provenans untuk ketiga karakter tersebut pada penelitian ini disebabkan oleh karena letak provenansi yang diuji tersebut letak geografinya sangat berjauhan, sehingga mempengaruhi sifat genetik dari ketiga sifat tersebut (tinggi pohon, diameter batang dan kelurusan batang). Keadaan tersebut juga dikemukakan oleh Zobel dan Talbert (1984) bahwa perbedaan geografi dalam mempengaruhi sifat genetik adalah besar.

3.2. Taksiran Nilai Heritabilitas dan Korelasi Genetik

Besarnya taksiran nilai heritabilitas individu, famili, dan korelasi genetik karakter tinggi, diameter dan kelurusan batang pada kebun benih uji keturunan *A. cunninghamii* umur 5 tahun disajikan pada Tabel 4.

Taksiran nilai heritabilitas dihitung untuk mengetahui faktor yang sangat kuat mengendalikan suatu sifat. Besaran nilai tersebut sangat bermanfaat dalam program pemuliaan pohon terutama dalam membuat strategi seleksi untuk suatu spesies, karena akan berpengaruh terhadap peningkatan genetik yang dihasilkan (Zobel dan Talbert, 1984). Tabel 4 menunjukkan bahwa heritabilitas pertumbuhan tinggi ($h^2_i = 0,11$; $h^2_f =$

Tabel 3. Hasil analisis varians tinggi, diameter dan kelurusan batang pada kebun benih uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 5 tahun

Sumber variasi	Derajat bebas	Rerata Kuadrat		
		Tinggi	Diameter	Kelurusan batang
Blok	7	24,73**	58,49**	7,97**
Provenans	2	1,24*	9,07*	1,81*
Famili- dalam provenans	25	2,66**	4,33**	2,13**
Blok x Famili- dalam provenans	163	1,64**	3,85**	1,06**
Error	521	0,85	2,27	0,51

Tabel 4. Taksiran nilai heritabilitas individu, famili dan korelasi genetik dari karakter pohon *A. cunninghamii* di dalam kebun benih uji keturunan pada umur 5 tahun

Sifat Pohon	Heritabilitas individu	Heritabilitas famili	Korelasi Genetik (rG)	
			Tinggi	Diameter
Tinggi	0,11	0,44	-	0,62
Diameter	0,12	0,36	0,61	-
Kelurusan batang	0,13	0,42	0,78	0,73

0,44), diameter batang ($h^2_i = 0,12$; $h^2_f = 0,36$) dan kelurusan batang ($h^2_i = 0,13$; $h^2_f = 0,42$) termasuk klasifikasi sedang (Cotteril dan Dean, 1990). Dieters, *et al.* (2002) melakukan analisis hasil dari uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 8-12 tahun di Queensland dan menemukan nilai heritabilitas famili (h^2_f) yang cukup tinggi, baik untuk pertumbuhan tinggi (0,7-0,82) maupun diameter (0,83-0,93). Ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi dan diameter dengan kuat diwariskan pada keturunannya, sehingga merupakan sifat yang potensial untuk memperoleh kenaikan perolehan genetik yang cukup jika seleksi dilakukan. Eisemann, *et al.* (1990) melaporkan hasil uji keturunan *A. cunninghamii* umur 15 tahun; taksiran nilai heritabilitas individu (h^2_i) dari uji keturunan ini untuk pertumbuhan tinggi, diameter batang dan kelurusan batang berturut-turut sebesar 0,19; 0,22 dan 0,61. Apabila dikaitkan dengan program seleksi, besar-

nya nilai heritabilitas akan menentukan efektivitas pekerjaan seleksi dan strategi yang tepat dalam program pemuliaan pohon (Wright, 1976).

Tabel 4 di atas juga menunjukkan bahwa korelasi genetik yang positif dan kuat terjadi antara pertumbuhan tinggi dengan diameter ($rG=0,62$), diameter dengan kelurusan batang ($rG=0,73$), kelurusan batang dengan tinggi ($rG=0,78$). Keadaan seperti ini sangat menguntungkan sekali dalam kegiatan seleksi pohon di kebun benih tersebut, karena korelasinya positif dan kuat, sehingga seleksi lebih mudah dilakukan. Eisemann, *et al.* (1990) melakukan analisis data uji keturunan *A. cunninghamii* umur 15 tahun di Queensland dan melaporkan adanya korelasi positif dan kuat antara tinggi dan diameter ($rG=0,77$). Tetapi, korelasi genetik antara tinggi dan bentuk batang rendah namun positif ($rG= 0,21$).

3.3. Taksiran Perolehan Genetik

Informasi mengenai nilai perolehan genetik untuk famili maupun individu tanaman hasil uji keturunan sangat penting diketahui. Hal ini berkaitan erat dengan pekerjaan seleksi yang akan dilakukan. Perolehan genetik merupakan respon dari adanya seleksi, sedangkan seleksi didasarkan pada prinsip bahwa nilai genetik rata-rata dari individu yang terseleksi akan lebih baik dibandingkan dengan nilai individu rata-rata dalam populasi secara keseluruhan. Untuk sifat-sifat kuantitatif, peningkatan genetik dari seleksi besarnya diukur melalui perubahan rata-rata populasi (Zobel dan Talbert, 1984).

Dalam penaksiran perolehan genetik diasumsikan bahwa insentitas seleksi untuk seleksi famili sebesar 70% ($i = 0,486$) dan individu sebesar 10% ($i = 2,663$) (Becker, 1992). Untuk seleksi famili dengan intensitas sebesar ini maka pada saat uji keturunan dikonversi menjadi kebun benih semai, jumlah famili yang ditinggalkan sebanyak 20 famili dari 28 famili yang diuji dengan maksimum 3 pohon terbaik untuk setiap famili yang ditinggalkan, sedangkan untuk seleksi individu jumlah individu yang ditinggalkan sebanyak 90 pohon dari 896 pohon induk yang ditanam dan maksimum 3 pohon terbaik pada famili yang sama. Pembatasan jumlah individu pada famili yang sama dimaksudkan untuk meminimalkan dampak kawin kerabat

(*inbreeding*). Setelah seleksi diperkirakan jarak rata-rata antara pohon kurang lebih 10 m x 10 m dan ini dipandang memadai dalam memberikan kondisi yang baik bagi produksi buah mengingat *A. cunninghamii* mempunyai tajuk yang lebar.

Hasil perhitungan taksiran perolehan genetik kebun benih uji keturunan *A. cunninghamii* umur 5 tahun di Bondowoso, Jawa Timur yang diasumsikan insentitas seleksi famili dan individu sebesar 70% dan 10%) disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa dengan menggunakan seleksi antar famili, maka rata-rata tinggi pohon dapat ditingkatkan sebesar 7,8%, diameter batang setinggi dada dapat ditingkatkan sebesar 2,5% dan kelurusan batang dapat ditingkatkan sebesar 9,7%, sedangkan untuk individu rata-rata tinggi pohon dapat ditingkatkan sebesar 10,6%, diameter batang setinggi dada dapat ditingkatkan sebesar 4,6% dan kelurusan batang dapat ditingkatkan sebesar 15,3%. Seleksi akan lebih efektif bila bekerja pada populasi dengan variasi genetik yang luas. Taksiran perolehan genetik pada penelitian ini lebih besar daripada yang dilaporkan pada uji keturunan *A. cunninghamii* umur 15 tahun di Queensland, yakni seleksi massa dengan intensitas 10% maka pertumbuhan tinggi, diameter dan kelurusan batang pohon dapat ditingkatkan

Tabel 5. Taksiran perolehan genetik kebun benih uji keturunan *A. cunninghamii* umur 5 tahun di Bondowoso, Jawa Timur (diasumsikan intensitas seleksi famili dan individu berturut-turut sebesar 10% dan 70%)

Sifat Pohon	Rata-rata	Perolehan Genetik (%)	
		Famili	Individu
Tinggi (m)	7	7,8	10,6
Diameter (cm)	11,57	2,5	4,6
Kelurusan batang	1,9	9,7	15,3

berturut-turut sebesar 1,5%, 1,6%, dan 0,8% (Eisemann *et al.*, 1990).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada Dr. A.Y.P.B.C. Widyatmoko sebagai koordinator penelitian Araukaria yang mengarahkan penulisan dan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada peneliti dan teknisi tim penelitian Araukaria yang telah membantu dalam pembangunan kebun benih tersebut serta pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Becker, W.A. 1992. *Manual Quantitative Genetics*. Fifth edition. Academic Enterprises, Washington.
- Cotteril, P.P., dan C. A. Dean, 1990. *Successful Tree Breeding With Index Selection*. CSIRO, Melbourne.
- Dieters, M.J., Nikles, D.G., dan Johnson, M.J., 2002. Genetic Improvement and Conservation: A Case Study of *Araucaria cunninghamii*, Proceedings International Seminar 'Advances in Genetic Improvement of Tropical Tree Species', Yogyakarta, Indonesia, October 1-3.
- Dean, C.A., Nikles, D.G. dan Harding, K.J. 1988. Estimates of Genetic Parameters and Gains Expected from Selection in Hoop Pine in South East Queensland. *Silvae Genetica* 37:243-247.
- Eisemann, R. L., Harding, K.J. dan 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.
- FPPK-UNCEN, 1980. Laporan Studi Kelayakan Penetapan Sumber Benih *Araucaria* sp di Irian Jaya. Bekerjasama dengan Direktorat Reboisasi dan Rehabilitasi
- Hardiyanto, E.B., 2007. Bahan Kuliah Pemuliaan Pohon, Program Pasca Sarjana Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- 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.
- Namkoong, G., 1981. *Introduction to Quantitative Genetics in Forestry*. Castle House Publication, London.
- Wright, J . W., 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York.
- Zobel, B. dan Talbert J., 1984. *Applied Tree Improvement*. John Wiley & Sons, Inc., 505 p