

**EVALUASI AWAL KOMBINASI UJI PROVENANS DAN KETURUNAN  
*Araucaria cunninghamii* UMUR 12 BULAN DI BONDOWOSO, JAWA TIMUR****DEDI SETIADI**Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Yogyakarta  
E-mail: Setiadi2009@yahoo.com**ABSTRACT**

*A progeny test of Araucaria cunninghamii seedling seed orchard was established in 2008 in Bondowoso, East Java. The progeny trial comprises 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) consisted of 80 seedlots, 4 tree-line plots, 4 replicates with spacing of 4 m x 2 m. At 12 months of age there were significant differences among provenances for tree height and stem diameter. The survival rate of all provenances was high (96.7 - 100%). Differences between families within seed source were significant both for height and diameter growth. Estimated heritability for height was moderate ( $h^2_f = 0.58$ ;  $h^2_i = 0.28$ ) and also for diameter ( $h^2_f = 0.55$ ;  $h^2_i = 0.30$ ). Genetic correlation between height and diameter was quite strong ( $r_g = 0.78$ ).*

**Keywords:** *Araucaria cunninghamii*, progeny test, early growth, heritability

**INTISARI**

*Uji keturunan Araucaria cunninghamii telah dibangun tahun 2008 di Bondowoso Jawa Timur. Sebanyak 80 famili dari enam sumber benih (Fak-fak, Sorong, Serui, Wamena, Manokwari dan Queensland). Uji keturunan dirancang menggunakan rancangan acak lengkap berblok (Randomized Completely Block Design), 4 pohon per plot, 4 ulangan dengan jarak tanam 4 m x 2 m. Pada umur 12 bulan perbedaan tinggi dan diameter di antara sumber benih berbeda nyata. Persen tumbuh semua provenans umumnya tinggi (96,7-100%). Perbedaan antara famili dalam sumber benih sangat berbeda nyata baik untuk tinggi maupun diameter. Heritabilitas pertumbuhan tinggi ( $h^2_f = 0,58$ ;  $h^2_i = 0,28$ ) dan diameter ( $h^2_f = 0,55$ ;  $h^2_i = 0,30$ ) termasuk klasifikasi sedang. Korelasi genetik antara tinggi dan diameter cukup kuat ( $r_g = 0,78$ ).*

**Kata Kunci:** *Araucaria cunninghamii*, uji keturunan, pertumbuhan awal, heritabilitas

## PENDAHULUAN

*Araucaria cunninghamii* (Aiton ex D. Don) atau dikenal juga *hoop pine* merupakan tanaman jenis konifer di Queensland yang potensial menyebar di wilayah tropis (Nikles, 1980). Di Papua *A. cunninghamii* tumbuh secara alami mulai dari bagian utara sampai barat, yaitu Sorong, Manokwari, Fak-Fak, Serui, Nabire, Wamena dan Jayapura (FPPK-UNCEN, 1980). *A. cunninghamii* ini telah memberikan nilai ekonomi yang cukup tinggi di Papua New Guinea dan Queensland. Di Australia, terutama daerah Queensland, pemuliaannya sejak tahun 1940 telah memberikan keuntungan yang cukup signifikan dari adanya program pemuliaan jangka panjang. Panenan pertahun mencapai 350.000 m<sup>3</sup>, dengan pertanaman seluas 45.000 m<sup>2</sup>, jenis ini merupakan sumber pokok kayu kualitas tinggi untuk industri. Kayunya sangat baik untuk bahan baku industri kertas & pulp, plywood, vinir, panel, lantai, kerangka dan kayu pertukangan serta mengandung getah yang bisa disadap. Kayunya bersifat kokoh, mempunyai tekstur yang halus, mudah untuk dipotong, digergaji, dipaku, dilem, diawetkan dan digosok agar mengkilap (Dean *et al.*, 1988).

Program pemuliaan untuk meningkatkan produktivitas dan nilai genetik dari jenis *A. cunninghamii* telah mengalami kemajuan pesat di berbagai negara (Dean *et al.*, 1988), namun sebaliknya di Indonesia yang mempunyai sebaran alami jenis *A. cunninghamii* dengan kayu yang sangat potensial sebagai bahan baku industri bernilai ekonomis tinggi justru tertinggal jauh dalam program pemuliaannya. Dengan demikian informasi parameter genetik yang sangat diperlukan untuk memformulasikan strategi pemuliaan *A. cunninghamii* yang mampu menghasilkan benih unggul belum tersedia.

Dalam upaya pembangunan hutan tanaman, kombinasi uji provenan dan 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 (Wright, 1976; Zobel & 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 keragaman genetik, nilai heritabilitas dan korelasi genetik antar sifat untuk mendukung program hutan tanaman di Indonesia.

## BAHAN DAN METODE

### 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 & Ferguson, 1951) 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.

### Bahan penelitian

Uji keturunan *A. cunninghamii* dibangun pada bulan Januari 2008 dari 6 provenans yang terdiri dari 5 provenans alam Papua (Fak-fak, Sorong, Serui, Wamena dan Manokwari) sebanyak 64 famili dan 1 provenans dari Queensland (CSIRO) sebanyak 16 famili. Uji keturunan dirancang mengikuti rancangan acak lengkap berblok (*Randomized Complete Block*

*Design*) dengan 6 provenans, 80 famili, 4 blok, 4 pohon per plot dengan jarak tanam 4 m x 2 m. Data provenans yang digunakan dalam penelitian ini selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

**Karakter yang diukur**

Pengukuran sifat pohon dilakukan pada semua individu pohon pada umur 12 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), yang 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.

**Analisis data**

Data hasil pengukuran akan dianalisis untuk memperoleh informasi keragaman karakter di antara famili-famili yang diuji. Model Anova untuk uji keturunan *half sib* secara simbolik ditulis sebagai berikut:

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

Keterangan:

- $Y_{ijk}$  = pengamatan pada individu pohon ke-1 dari sumber benih ke-j dari famili ke-k dalam blok ke-i
- $\mu$  = 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 error ke ijk

Heritabilitas ditaksir menggunakan formula sebagai berikut (Hardiyanto, 2007) :

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

$$h^2_i = \frac{3\sigma^2_f}{\sigma^2_f + \sigma^2_{bf} + \sigma^2_e}$$

Keterangan:

- $h^2_i$  = nilai heritabilitas individu
- $h^2_f$  = nilai heritabilitas famili
- $\sigma^2_f$  = komponen varians famili
- $\sigma^2_{bf}$  = komponen varians interaksi antara blok dan famili
- $\sigma^2_e$  = komponen varians error
- $n$  = rerata harmonik jumlah pohon per plot
- $b$  = rerata harmonik jumlah blok

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

Adapun korelasi genetik antar karakteristik, dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$r_g = \frac{Cov_{12}}{\sqrt{(\sigma^2_{a1} . \sigma^2_{a2})}}$$

Keterangan:

- $r_g$  = korelasi genetik
- $Cov_{12}$  = komponen kovarians antara dua sifat
- $\sigma^2_{a1}$  = komponen varians aditif untuk sifat 1
- $\sigma^2_{a2}$  = komponen varians aditif untuk sifat 2

Tabel 1. Provenans yang digunakan dalam kombinasi uji provenans dan uji keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso Jawa Timur

No	Provenans	Jumlah famili	Lokasi	Letak geografis		Ketinggian tempat (m dpl)
				LS	BT	
1	Serui	11	Kanobon	02 ° - 34 '	135 ° - 11 '	800
2	Wamena	28	Napua	04 ° - 21 '	135 ° - 11 '	1.600
3	Manokwari	12	Kebar	02 ° - 59 '	139 ° - 09 '	1.200
4	Jayapura	6	Cyklop	04 ° - 25 '	140 ° - 38 '	1.600
5	Fak-fak	7	Fak-fak	02 ° - 34 '	132 ° - 31 '	900
6	Queensland	16	Yarraman	26 ° - 52 '	152 ° - 25 '	1.000

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keragaman tumbuh

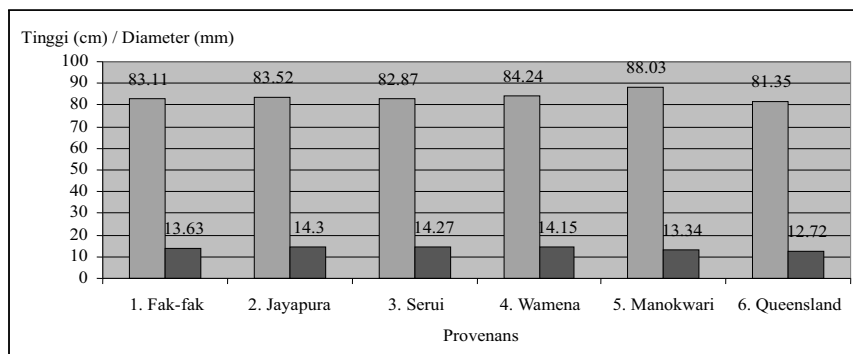
Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa rerata pertumbuhan tinggi pada umur 12 bulan sebesar 83,85 cm dengan nilai tertinggi sebesar 88,03 cm yang dicapai provenans Manokwari dan nilai terendah sebesar 81,35 cm yang dicapai provenans Queensland. Untuk rerata pertumbuhan diameter umur 12 bulan sebesar 13,74 mm dengan nilai diameter terbesar 14,30 mm dicapai provenans Jayapura dan nilai diameter terendah sebesar 12,72 mm dicapai provenans Queensland. Variasi pertumbuhan yang ditunjukkan salah satu famili pada uji keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso, Jawa Timur disajikan pada Gambar 2.

Dari hasil analisis varian untuk sifat tinggi dan diameter batang, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, keragaman sifat tinggi dan diameter di

antara sumber benih yang diuji sangat berbeda nyata. Informasi ini menunjukkan bahwa variasi sumber benih telah berkontribusi pada pertumbuhan tinggi dan diameter *A. cunninghamii*. Disamping itu, bila dilihat dari provenansi terbaik dari lokasi yang berbeda juga menunjukkan hasil yang berbeda pula meskipun material benih yang digunakan adalah sama. Menurut Zobel dan Talbert (1984), perbedaan tersebut dapat terjadi karena penampilan suatu pohon (*phenotype*) dipengaruhi oleh potensi genetik dan kualitas lingkungan dimana tanaman tersebut tumbuh.

### Variasi genetik

Dari hasil analisis keragaman genetik untuk sifat tinggi dan diameter batang, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, keragaman sifat tinggi dan diameter di antara provenans yang diuji sangat berbeda nyata. Informasi ini menunjukkan bahwa



Gambar 1. Grafik pertumbuhan tinggi dan diameter uji keturunan *A. cunninghamii* umur 12 bulan pada tingkat lapang di Bondowoso-Jawa Timur



Gambar 2. Variasi pertumbuhan salah satu famili pada Uji Keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso, Jawa Timur

Tabel 2. Analisis keragaman untuk karakter tinggi dan diameter *A. cunninghamii* umur 12 bulan di Bondowoso-Jawa Timur

Sumber variasi	db	Nilai F	Pr > F
<b>Tinggi</b>			
Blok	3	57,17	< .0001**
Provenans	5	6,22	< .0001**
Famili (Provenans)	74	2,87	< .0001**
Blok x Fam. (Provenans)	230	1,27	0,0090**
Error	959		
<b>Diameter</b>			
Blok	3	25,48	< .0001**
Provenans	5	15,75	< .0001**
Famili (Provenans)	74	2,56	< .0001**
Blok x Fam (Provenans)	230	1,15	0,0084**
Error	959		

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

variasi provenans telah berkontribusi pada pertumbuhan tinggi dan diameter *A. cunninghamii*. Di samping itu, bila dilihat dari provenans terbaik dari lokasi yang berbeda juga menunjukkan hasil yang berbeda pula meskipun material benih yang digunakan adalah sama. Menurut Zobel dan Talbert (1984), perbedaan tersebut dapat terjadi karena penampilan suatu pohon (*phenotype*) dipengaruhi oleh potensi genetik dan kualitas lingkungan dimana tanaman tersebut tumbuh. Hasil analisis varians dan nilai heritabilitas famili untuk karakter tinggi dan diameter *A. cunninghamii* umur 12 bulan di Bondowoso sebagaimana disajikan pada Tabel 2 di atas.

Hasil analisis varians (Tabel 2) menunjukkan bahwa perbedaan blok, provenans dan famili sangat berbeda nyata untuk sifat tinggi dan diameter tanaman di kebun benih uji keturunan *A. cunninghamii* sampai dengan umur 12 bulan di Bondowoso. Hal ini menunjukkan bahwa dari awal pertumbuhan pada saat umur 12 bulan terlihat keragaman famili dalam provenans sangat berbeda nyata. Dengan demikian berarti bahwa keragaman yang tinggi untuk sifat-sifat tersebut disebabkan oleh sifat genetik *A. cunninghamii* pada perbedaan provenans. Hal ini disebabkan kemungkinan oleh adanya perbedaan tempat tumbuh provenans tersebut seperti tinggi tempat, letak geografis dan suhu udara

yang berkontribusi terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman tersebut. Keadaan tersebut juga dikemukakan oleh Zobel dan Talbert (1984) bahwa perbedaan geografi dalam mempengaruhi sifat-sifat genetik diantaranya pertumbuhan tinggi dan diameter adalah besar. Perbedaan yang signifikan untuk karakter tinggi dan diameter diantara famili yang diuji sangat penting artinya bagi program pemuliaan *A. cunninghamii* pada uji keturunan ini dimasa yang akan datang.

Sumber genetik jenis ini yang berada di Queensland telah secara seksama dipelajari melalui uji provenans dan telah digunakan untuk populasi pemuliaan (Nikles, 1996). 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.

### Taksiran 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 kombinasi uji provenansi dan uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 12 bulan di Bondowoso-Jawa Timur disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa taksiran nilai heritabilitas famili untuk sifat tinggi sebesar 0,58 dan untuk sifat diameter sebesar 0,55; sedangkan nilai heritabilitas individu untuk sifat tinggi sebesar 0,28 dan untuk sifat diameter sebesar 0,30. Mengacu pada klasifikasi yang disebutkan oleh Cotterill dan Dean (1990), maka nilai heritabilitas 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. Dieters *et al.* (2002) dari pengalaman pemuliaan yang telah dilakukan dengan menghitung nilai heritabilitas pada uji keturunan *A. cunninghamii* umur 8-12 tahun, didapatkan nilai heritabilitas yang cukup tinggi untuk karakter tinggi sebesar (0,7-0,82) dan karakter diameter sebesar (0,83-0,93). Eisemann *et al.* (1990) pada penelitian jenis yang sama (*A. cunninghamii*) umur 15 tahun juga melaporkan bahwa nilai heritabilitas individu pada karakter tinggi

Tabel 3. Taksiran nilai heritabilitas dan korelasi genetik tinggi dan diameter pada kombinasi uji provenansi dan uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 12 bulan di Bondowoso-Jawa Timur

Karakter	Heritabilitas		Korelasi genetik
	$h_f^2$	$h_i^2$	
Tinggi	0,58	0,28	0,78
Diameter	0,55	0,30	

dan diameter termasuk klasifikasi moderat masing-masing sebesar 0,22 dan 0,19. Ini berarti bahwa sifat-sifat tersebut sangat tinggi diwariskan sehingga merupakan sifat yang potensial untuk memperoleh kenaikan perolehan genetik jika kegiatan pemuliaannya dilakukan.

Berdasarkan informasi tersebut di atas 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 varians aditif. Menurut Wright (1976), terjadinya perbedaan nilai heritabilitas suatu sifat akan berbeda untuk jenis, tempat, waktu dan pola penanaman 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 penambahan umur tanaman masih memungkinkan untuk terjadinya perubahan nilai heritabilitas yang cukup besar.

Untuk korelasi genetik yang merupakan korelasi antara nilai pemuliaan untuk sifat yang berbeda, terutama disebabkan oleh gen-gen yang memberikan pengaruh memiliki banyak sifat (*pleiotrofi*) dan *linkage*, seperti yang diungkapkan Hardiyanto (2007) bahwa korelasi genetik merupakan korelasi antara nilai pemuliaan untuk sifat yang berbeda dan terutama disebabkan oleh gen-gen yang mempengaruhi lebih dari satu sifat. Pada penelitian ini korelasi genetik antara tinggi dan diameter memiliki nilai positif (0,78). 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.

### KESIMPULAN

Dari evaluasi kombinasi uji provenansi dan uji keturunan *A. cunninghamii* umur 12 bulan di Bondowoso maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Keragaman sifat tinggi dan diameter di antara provenans yang diuji sangat berbeda nyata. Informasi ini menunjukkan bahwa variasi provenans telah berkontribusi pada pertumbuhan tinggi dan diameter *A. cunninghamii*. Di samping itu, bila dilihat dari provenans terbaik dari lokasi yang berbeda juga menunjukkan hasil yang berbeda pula meskipun material benih yang digunakan adalah sama.
2. Pada umur 12 bulan provenans dari Manokwari menunjukkan penampilan pertumbuhan tinggi yang terbaik, diikuti oleh provenans Wamena, Jayapura, Fak-fak, Serui dan Queensland.
3. Taksiran nilai heritabilitas yang diperoleh pada kombinasi uji provenans dan uji keturunan *A. cunninghamii* umur 12 bulan termasuk klasifikasi moderat. Untuk karakter tinggi sebesar 0,58 untuk heritabilitas famili dan sebesar 0,28 untuk nilai heritabilitas individu. Nilai heritabilitas karakter diameter sebesar 0,55 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 (0,78). 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 TERIMA KASIH

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

### DAFTAR PUSTAKA

- Cotteril PP & Dean CA. 1990. Successful Tree Breeding with Index Selection. CSIRO, Melbourne.
- Dean CA, Nikles DG, & Harding KJ. 1988. Estimates of Genetic parameters and gains expected from selection in hoop pine in south-east Queensland. *Silvae Genetica* 37: 243-247.
- Eisemann RL, Harding KJ, & Eccles DB. 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, Friedman ST, & Brotschol JV. 1992. *Handbook of Quantitative Forest Genetic*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- FPPK-UNCEN. 1980. Laporan Studi Kelayakan Penetapan Sumber Benih *Araucaria* sp. di Irian Jaya. Universitas Cendrawasih bekerjasama dengan Direktorat Reboisasi dan Rehabilitasi, Jayapura.
- Hardiyanto EB. 2007. Penaksiran Heritabilitas dan Perolehan Genetik. Hand out mata kuliah Pemuliaan Pohon II. Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Nikles DG. 1980. Realised and potential gains from using and conserving genetic resources of *Araucaria*. Proc. IUFRO Meet. on Forestry Problems of the Genus *Araucaria*, Curitiba, Parana, Brazil. p. 87-95.

- Nikles DG. 1996. The first 50 years of the evaluation of forest tree improvement in Queensland. In Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Proc. QFRI-IUFRO Conf., Caloundra, Queensland, Australia. 27 October-1 November 1996. (Edited by MJ Dieters, AC Matheson, DG Nikles, CE Harwood, & SM Walker). Queensland Forestry Research Institute, Gympie. p. 51-64.
- Schmidt FA & Ferguson JHA. 1951. Rainfalls Types Based on Wet and Dry Period Ratio for Indonesia and Western New Guinea. Verth. 42. Jawatan Meteorologi dan Geofisika Jakarta.
- Wright JW. 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York.
- Zobel B & Talbert J. 1984. *Applied Tree Improvement*. John Wiley & Sons, Inc. New York.