

**VARIASI GENETIK PADA KOMBINASI UJI PROVENANS DAN UJI KETURUNAN**  
***Araucaria cunninghamii* DI BONDOWOSO-JAWA TIMUR**  
**[Genetic variation on Provenance -Progeny Test of *Araucaria cunninghamii***  
**at Bondowoso-East Java]**

**Dedi Setiadi\* dan Mudji Susanto**

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan

e-mail : [setiadi2009@yahoo.com](mailto:setiadi2009@yahoo.com)

**ABSTRACT**

*A progeny test of Araucaria cunninghamii seedling seed orchard was established in 2008 at Bondowoso, East Java. Eighty open-pollinated families collected from six seed sources (Fak-fak, Jayapura, Serui, Wamena, Manokwari and Queensland) were tested. The trial was designed as Randomized Complete Block Design (RCBD) comprised of 80 seedlots, 4 tree- line plots with 4 replications. The anitial spacing was 4 m x 2 m. The growth analysis at 5 years old was aimed to know performance of 6 seed sources. The result showed significant differences between families within seed source for both height and diameter growth. The average of height growth was 7,0 m and diameter was 5,1 cm. Individual heritability estimates for height and diameter were 0.32 and 0.48 respectively while family heritability estimates for height and diameter wer 0.49 and 0.72 respectively. Genetic correlation between height and diameter was strong and positive ( $r_g = 0.83$ ).*

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

**ABSTRAK**

Uji keturunan *Araucaria cunninghamii* dibangun pada Januari 2008 di Bondowoso, Jawa Timur. menggunakan rancangan acak lengkap berblok (*Randomized Completely Block Design*) dengan 6 sumber benih yaitu; Fak-fak, Jayapura (Cyklop), Serui (Kanobon), Wamena (Napua), Manokwari (Kebar) dan Queensland (Yarraman), 80 famili, 4 blok, 4 pohon per plot dengan jarak tanam 4 m x 2 m. Pada umur 5 tahun, perbedaan tinggi dan diameter di antara famili di dalam provenans signifikan. Rerata pertumbuhan tinggi dan diameter berturut-turut sebesar 7,0 m dan diameter 5,1 cm. Heritabilitas individu untuk pertumbuhan tinggi dan diameter berturut-turut sebesar 0,32 and 0,48 sedangkan heritabilitas famili untuk pertumbuhan tinggi dan diameter berturut-turut sebesar 0,49 dan 0,72. Korelasi genetik antara tinggi dan diameter sangat kuat dan positif ( $r_g = 0,83$ ).

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

## **I. PENDAHULUAN**

*Araucaria cunninghamii* Aiton ex D. Don merupakan salah satu spesies konifer dalam famili *Araucariaceae* yang hanya tumbuh dan menyebar secara alami di Papua, Queensland-Australia dan Papua New Guinea. Keberadaan sumber daya genetik *A. cunninghamii* di hutan alam tropis Papua belum dikelola dan dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan pemuliaan pohon dan

pengelola hutan tanaman di Indonesia. Hal ini disebabkan para pemulia pohon dan pengelola hutan tanaman di Indonesia banyak yang belum mengetahui tentang potensi, prospek dan nilai ekonomi jenis ini. *A. cunninghamii* termasuk jenis yang memiliki nilai ekonomis kayu dan hasil getah yang tinggi sehingga sangat potensial untuk dikembangkan sebagai hutan tanaman. Kegunaan potensial dari *A. cunninghamii* adalah untuk kontruksi umum, tiang dan

balok, plywood, furniture, moldings, kapal, lemari, papan partikel, pulp dan kertas (Dean *et al.* 1988).

*A.cunninghamii* telah memberikan nilai ekonomi yang cukup tinggi di Papua New Guinea dan Queensland. Di Australia terutama daerah Queensland, sejak tahun 1940 telah memberikan keuntungan yang cukup signifikan dari adanya program jangka panjang, yaitu panen per tahun mencapai 350.000m<sup>3</sup>, dengan pertanaman seluas 45.000m<sup>2</sup>, sebagai sumber pokok kayu kualitas tinggi untuk industri (Dieters *et al.* 2002). *A.cunninghamii* juga banyak dibudidayakan di beberapa negara tropis dan sub tropis Afrika, serta di Thailand, Malaysia, Vietnam, Cina, dan Hawaii. Pada masa pemerintahan kolonial Belanda, di Papua direncanakan dibangun hutan tanaman *A.cunninghamii* berskala luas/industri di daerah Kebar untuk mendukung rencana pembangunan industri kayu lapis, bubur kayu dan kertas. Rencana tersebut diawali dengan membangun tanaman *A.cunninghamii* tahap pertama seluas 1.000 ha pada tahun 1961-1962 dan rencananya akan diperluas ke seluruh dataran Kebar dan Prafi. Namun program hutan tanaman jenis ini tidak berlanjut, setelah tahun 1963 pemerintah kolonial Belanda meninggalkan Papua (Kapisa, 2002). Sampai saat ini, belum ada perhatian yang cukup memadai dari instansi kehutanan terkait untuk melanjutkan dan mengelola hutan tanaman

yang sudah ada. Hal ini merupakan salah satu informasi penting tentang potensi jenis *A.cunninghamii* ini untuk dikembangkan menjadi hutan tanaman di Indonesia.

Dalam pengembangan program pemuliaan pohon, informasi keragaman genetik dari individu penyusun suatu populasi sangat menentukan keberhasilan program dimaksud. Keunggulan suatu provenansi dari hasil penelitian merupakan informasi awal untuk melanjutkan program pemuliaan pada tahap berikutnya. Oleh karena produk akhir dari program pemuliaan pohon adalah tersedianya benih unggul atau material genetik unggul sebagai bahan tanaman komersial, maka salah satu upaya untuk menghasilkan benih unggul dari suatu populasi hutan adalah dengan mengetahui pola sebaran *A.cunninghamii* di populasi alamnya sebagai bahan pembangunan kombinasi uji provenansi dan uji keturunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman sumber benih dan individu di dalam sumber benih dari jenis *A.cunninghamii* asal Serui (Kanobon), Wamena (Napua), Manokwari (Kebar), Jayapura (Cyklop), Fak-fak dan Queensland (Yarraman) pada uji provenansi dan uji keturunan di Bondowoso, Jawa Timur.

## 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 Wringin anom, Kecamatan Sukosari, Kabupaten Bondowoso. Lokasi uji keturunan memiliki tipe iklim B dengan rerata curah hujan sebesar 2400 mm/tahun. Jenis tanahnya termasuk Andosol. Tapak tergolong datar, terletak pada ketinggian tempat 800 m di atas permukaan laut.

## B. Pemetaan uji keturunan

Uji keturunan *A. cunninghamii* dipaparkan pada bulan Januari 2008. Benih berasal dari 6 sumber benih yang terdiri dari 5 sumber benih populasi alam Papua (Fak-fak, Jayapura, Serui, Wamena dan Manokwari) sebanyak 64 famili dan 1 sumber benih dari Queensland (CSIRO) sebanyak 16 famili. Data sumber benih dan jumlah famili yang digunakan dalam penelitian ini, selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

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

Provenans	Jumlah Famili	Grs.Lintang (Selatan)	Grs. Bujur (Timur)	Ketinggian tempat (m dpl)
Kanobon (Serui)	11	02 ° - 34 '	135 ° - 11 '	800
Napua (Wamena)	28	04 ° - 21 '	135 ° - 11 '	1600
Kebar (Manokwari)	12	02 ° - 59 '	139 ° - 09 '	1200
Cyklop (Jayapura)	6	04 ° - 25 '	140 ° - 38 '	1600
Yarraman (Queensland)	16	26 ° - 52 '	152 ° - 25 '	1000
Fak-fak (Fak-fak)	7	02 ° - 34 '	132 ° - 31 '	900

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Acak Lengkap Berblok (*Randomized Complete Block Design*) yang terdiri atas 80 famili dari 6 provenans dengan 4 blok sebagai ulangan. Setiap famili terdiri dari 4 individu per plot (*tree plot*), ditanam dengan jarak tanam 4 m x 2 m.

## C. Pengamatan dan Analisis data

Pada umur 5 tahun pengukuran tinggi pohon dan diameter batang dilakukan. Tinggi diukur dengan galah ukur sedangkan diameter batang diukur pada 1,30 cm dari

permukaan tanah dengan kaliper. Data dianalisis menggunakan analisis varians berdasarkan model berikut :

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

Keterangan  
 $Y_{ijk}$  = pengamatan pada individu pohon ke-i dari sumber benih ke-j dari famili ke-k dalam blok ke-i  
 $\mu$  = nilai rerata umum  
 $B_i$  = pengaruh sumber benih blok ke- i  
 $P_j$  = pengaruh sumber benih ke- j  
 $F(P)_{ik}$  = pengaruh famili ke-i yang bersarang dalam sumber benih ke-j

BF(P)<sub>ik</sub> = pengaruh interaksi blok ke-i pada famili ke-k  
 ε<sub>ijk</sub> = eror random. Pada analisis ini blok diasumsikan sebagai variable tetap (*fixed*), sedangkan famili diasumsikan sebagai variabel random.

Verifikasi data dilakukan untuk mendeteksi adanya pencilan (*outlier*) sebelum melakukan analisis varians. Pencilan data kemudian dihilangkan dan tidak dimasukkan ke dalam analisis selanjutnya. Heritabilitas individu dan famili ditaksir mengikuti formula sebagai berikut ini Wright (1976); Johnson (1992).

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

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

Komponen varans famili ( $\sigma_f^2$ ) 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*)

Keterangan

$h_f^2$  = nilai heritabilitas famili  
 $h_i^2$  = nilai heritabilitas individu  
 $\sigma_f^2$  = komponen varians famili  
 $\sigma_{bf}^2$  = komponen varians interaksi antara blok dan famili  
 $\sigma_e^2$  = 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 aditif untuk sifat x dan y

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

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

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pertumbuhan

Hasil analisis varians menunjukkan adanya perbedaan yang nyata di antara provenans yang di uji dan anatar famili di dalam provenans terhadap kedua sifat yang diukur. Hal ini menunjukkan adanya variasi yang tinggi sehingga memungkinkan dilakukan seleksi untuk menghasilkan peningkatan perolehan genetik yang tinggi. Hasil tersebut juga memberikan informasi bahwa materi genetik tersebut dapat digunakan untuk pembangunan uji keturunan yang dapat dikonversi menjadi kebun benih dalam satu populasi (*single population system*) sebagaimana dalam penelitian ini dan tidak dapat dipisahkan dalam beberapa kelompok populasi (*sub line system*). Hasil analisis

varians pertumbuhan tinggi dan diameter Bondowoso, Jawa Timur disajikan pada pada kombinasi uji provenans dan uji keturunan A.cunninghamii umur 5 tahun di Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Analisis varians pertumbuhan tinggi dan diameter pada kombinasi uji provenans dan uji keturunan A. cunninghamii umur 5 tahun di Bondowoso, Jawa Timur

Sumber variasi	Db	Kuadrat Tengah	Pr > F
<b>Tinggi</b>			
Blok	3	50,419	<.0001**
Provenans	5	1,821	0,0052**
Famili (Provenans)	74	3,013	<.0001**
Blok x Fam. (Provenans)	236	1,468	<.0001**
Eror	926	0,542	
<b>Diameter</b>			
Blok	3	7,816	<.0001**
Provenans	5	9,347	<.0001**
Famili (Provenans)	74	2,271	<.0001**
Blok x Fam (Provenans)	236	0,632	0,0123**
Eror	926	0,504	

Keterangan: \*\* = signifikan pada taraf uji 1%

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 (Widyatmoko *et al.* 2005). 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 diantara famili.

Hasil analisis data pertumbuhan menunjukkan bahwa rerata tinggi pohon mencapai 7,02 m dan rerata pertumbuhan diameter mencapai 5,05 cm. Rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter pohon *A. cunninghamii* pada umur 5 tahun disajikan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter pada kombinasi uji provenans dan uji keturunan *A. cunninghamii* umur 5 tahun di Bondowoso, Jawa Timur

Provenans	Tinggi (m)	Provenans	Diameter (cm)
Kanobon	7,14	Kanobon	5,20
Napua	7,02	Napua	5,19
Kebar	6,97	Kebar	5,18
Cyklop	7,11	Cyklop	5,06
Yarraman	6,88	Yarraman	4,71
Fak-fak	6,99	Fak-fak	4,97
Rata-rata	7,02	Rata-rata	5,05

Rata-rata pertumbuhan tinggi terbaik pada uji keturunan *A. cunninghamii* umur 5 tahun ini dicapai beberapa sumber benih Kanobon (7,14 m) dan Cyklop (7,11 m). Rerata pertumbuhan diameter terbaik dicapai oleh sumber benih Kanobon (5,20 cm) dan Napua (5,19 cm). Sebagai perbandingan dengan hasil pengukuran pada uji provenansi *A.cunninghamii* umur 5 tahun pada plot penelitian di Luiz Antonio-SP, Brazil, rerata pertumbuhan tinggi mencapai 6,37 m dan pertumbuhan diameter mencapai 7,79 cm (Sebbenn *et al.* 2005).

Rata-rata pertumbuhan *A. cunninghamii* untuk pertumbuhan tinggi (7,02 cm) pada kombinasi uji provenansi dan keturunan umur 5 tahun di Bondowoso, Jawa Timur, menunjukkan pertumbuhan tinggi yang lebih baik jika dibandingkan dengan uji provenansi pada umur yang sama dengan tempat dan asal provenansi yang berbeda (6,37cm). Sedangkan untuk rata-rata pertumbuhan diameter (5,05 cm) di bawah hasil uji provenansi *A.cunninghamii* di Luiz Antonio-SP, Brazil pada umur yang sama

dan tempat serta asal provenansi yang berbeda (Sebbenn *et al.* 2005). Namun demikian perbedaan pertumbuhan di antara sumber benih *A. cunninghamii* pada umur 5 tahun masih bersifat kecenderungan, sedangkan kepastian pengaruhnya secara nyata dapat dilihat pada hasil analisis varian (Tabel 2).

#### B. Parameter Genetik

Suatu fenotipe sering digambarkan sebagai produk ekspresi kinerja gen-gen yang menyusun genotipe suatu individu pada lingkungan tertentu pada lingkungan tertentu. Uji genetik merupakan salah satu upaya mengidentifikasi kinerja gen-gen dari individu yang sudah diketahui fenotipenya (Zobel and Talbert, 1984). Melalui uji genetik, individu-individu yang berfenotipe unggul dikumpulkan pada suatu tapak yang seragam, sehingga kalau ada perbedaan fenotip yang muncul diantara individu-individu tersebut maka diduga kuat karena muatan genetik yang berbeda. Untuk mengetahui proporsi faktor genetik yang diturunkan dari induk kepada keturunannya

pada sifat pertumbuhan tanaman uji heritabilitas dan korelasi genetik terhadap keturunan *Araucaria* ini, maka dilakukan kedua sifat yang diukur pada umur 5 tahun penaksiran nilai heritabilitas. Taksiran nilai disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Taksiran nilai heritabilitas famili, individu dan korelasi genetik antar sifat pada kombinasi uji provenan dan keturunan *A. cunninghamii* umur 5 tahun di Bondowoso, Jawa Timur

Sifat yang diukur	Taksiran Nilai Heritabilitas		Korelasi Genetik
	Famili	Individu	
Tinggi	0,49	0,32	0,83
Diameter	0,72	0,48	

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai heritabilitas individu tergolong tinggi dan nilai heritabilitas famili tergolong sedang sampai tinggi, taksiran nilai heritabilitas tersebut sangat bermanfaat dalam melakukan seleksi dan menaksir besarnya peningkatan genetik yang dihasilkan. Taksiran nilai heritabilitas individu ( $h_i^2$ ) umur 5 tahun untuk sifat tinggi dan diameter tergolong tinggi (0,32) dan (0,48) (Cotteril dan Dean, 1990). Hal ini juga berarti bahwa variasi pertumbuhan sifat tinggi dan diameter tanaman sangat tinggi dipengaruhi oleh faktor genetik. Informasi ini juga memberikan informasi bahwa seleksi terhadap kedua sifat tersebut sangat efektif untuk memberikan kinerja yang lebih baik. Menurut Zobel dan Talbert (1984) nilai heritabilitas sifat-sifat pohon akan berbeda-beda menurut jenis, tempat, waktu, pola percobaan dan prosedur perhitungan yang berbeda. Penelitian Eisemann *et al.* (1990) melaporkan bahwa pada uji keturunan *A.*

*cunninghamii* di Imbil Queensland tenggara (Australia) umur 4 tahun untuk nilai heritabilitas individu ( $h_i^2$ ) pada sifat tinggi dan diameter menunjukkan kisaran nilai antara 0,19-0,22. Kageyama *et al.* (1980) melaporkan pada kombinasi uji provenans dan keturunan *Araucaria angustifolia* umur 3,5 tahun di Sao Paulo, Brazil taksiran nilai heritabilitas individu pada sifat tinggi dan diameter menunjukkan kisaran nilai 0,12-0,56 dan 0,03-0,64.

Taksiran nilai heritabilitas famili ( $h_f^2$ ) untuk sifat tinggi dan diameter pada penelitian ini menunjukkan nilai antara 0,49-0,72. Nilai heritabilitas tersebut tergolong sedang sampai tinggi dan menunjukkan bahwa sifat tersebut kuat dikendalikan oleh faktor genetik, dan hal ini berarti seleksi terhadap kedua sifat tersebut sangat efektif dilakukan untuk memberikan keturunan yang lebih baik. Hasil uji keturunan *A. cunninghamii* di Queensland pada umur 8-12 tahun menunjukkan bawa nilai

heritabilitas famili tergolong cukup tinggi untuk tinggi pohon (0,7-0,82) dan diameter batang (0,83-0,93). Ini berarti bahwa sifat-sifat tersebut sangat tinggi diwariskan sehingga merupakan sifat yang potensial untuk memperoleh kenaikan perolehan genetik jika kegiatan pemuliaannya dilakukan (Dieters *et al.* 2002). Besarnya nilai heritabilitas penting untuk diketahui karena hal ini merupakan faktor yang menentukan di dalam keberhasilan program seleksi dan pemuliaan pohon, dan merupakan petunjuk akan perolehan genetik (*genetic gain*) suatu sifat tertentu (Zobel dan Talbert, 1984). Dalam kaitannya dengan pekerjaan seleksi, besarnya nilai heritabilitas akan menentukan efektifitas pekerjaan seleksi dan strategi yang tepat dalam pelaksanaan program pemuliaan pohon (Wright, 1976).

Nilai korelasi genetik antara tinggi dan diameter memiliki nilai positif dan cukup tinggi (0,83) (Tabel 5). Nilai korelasi genetik ini dapat menunjukkan derajat perubahan suatu sifat sebagai akibat perubahan sifat yang lain. Dengan korelasi genetik yang tinggi, maka peningkatan diameter pohon akan selalu diikuti dengan peningkatan tinggi pohon atau sebaliknya. Dieters *et al.* (2007) melaporkan pada penelitian spesies yang sama umur 8 tahun bahwa nilai korelasi genetik antara kedua sifat juga positif dan tinggi (0,83). Pada uji keturunan *A.cunninghamii* umur 15 tahun di

Queensland tenggara nilai korelasi genetik untuk sifat tinggi dan diameter memberikan nilai positif (0,77) Eisemann *et al.* (1990). Korelasi genetik antara tinggi dan diameter pada *Araucaria angustifolia* pada kombinasi uji provenans dan keturunan umur 21 tahun di Sao Paulo, Brazil dilaporkan juga positif dan tinggi ( $r_g=0,97$ ) (Sebbenn, *et al.* 2003).

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Rata-rata pertumbuhan kombinasi uji provenans dan uji keturunan *A. cunninghamii* pada umur 5 tahun untuk tinggi pohon sebesar 7,02 m, dan diameter batang sebesar 5,05 cm.
2. Kombinasi uji provenans dan uji keturunan *A. cunninghamii* di Bondowoso, Jawa Timur, menunjukkan variasi genetik yang tinggi di antara provenansi yang diuji dan antar famili di dalam provenans terhadap sifat tinggi dan diameter pohon pada periode pengukuran umur 5 tahun.
3. Taksiran nilai heritabilitas untuk kedua sifat yang diukur (tinggi dan diameter pohon) cukup tinggi untuk nilai heritabilitas individu ( 0,32-0,48) dan tergolong sedang sampai tinggi untuk nilai heritabilitas famili (0,49 - 0,72).

4. Korelasi genetik antara kedua sifat yang diukur bernilai positif dan tinggi dengan nilai sebesar (0,83).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada Dr. A.Y.P.B.C. Widyatmoko sebagai koordinator penelitian Araukariai, kepada peneliti dan teknisi team penelitian Araucaria yang telah membantu dalam pembangunan uji keturunan *A. cunninghamii*, serta pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cotteril, P.P., dan C. A. Dean, 1990. Succesfull Tree Breeding With Index Selection. CSIRO, Melbourne.
- Dean, C.A., Nikles, D.G. and Harding, K.J.(1988) Estimates of genetic parameters and gains expected from selection in hoop pine in south-east Queensland. *Silvae G.* 37, 243-247.
- Dieters, M.J., Nikles, D.G., and 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.
- Dieters, M.J., Nikles, D.G., and Keys M.G. Achievements in forest tree improvement in Australia and New Zealand. *Genetic Improvement and Conservation of Araucaria cunninghamii in Queensland. Australian Forestry 2007 Vol. 70 No. 2 pp. 75-85.*
- 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: p. 206-216.
- Fins, L., S.T. Friedman, dan J.V. Brotschol, 1992. Handbook of Quantitative Forest Genetic. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Johson, I.G., 1992. Family - site interaction in Radiata Pine families in New South Wales, Australia, *Silvae Genetica* 41,1: 55 – 62
- Kageyama, P.Y. and Jacob, W.S. : Variacao genetic entre e dentro de populaces de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. in: Iufro Meeting on Forestry Problems of the Genus Araucaria. Curitiba: FUPEF, p. 83-86 (1980).
- Kapisa, N. (2002) Natural distribution of *Araucaria cunninghamii* in Kebar, Manokwari, Papua, Indonesia. *Proceedings of the International Conference on Advances in Genetic Improvement of Tropical Tree Species.* Yogyakarta, Indonesia, 1-3 October 2002. Centre for Forest Biotechnology and Tree Improvement, Yogyakarta, pp.99-103.
- Nikles, D. G.1966. The first 50 years of the evalution of forest tree improvement in Queensland. In Tre Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Proc. QFRI-IUFRO Conf.
- Sebbenn AM, Zanatto ACS, Freitas MLM, Sato AS and Etori LC (2005). Genetic Variation in *Araucaria cunninghamii* Provenances in Luiz Antonio-SP, Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 5: 435-442, 2005
- Sebbenn AM, Pontinha AAS, Giannotti E, and Kageyama PY. Genetic Variation in Provenance-Progeny Test of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In Sao Paulo, Brazil *Silvae Genetica* 52, 5-6 (2003).
- Widyatmoko, AYPBC., Rimbawanto, A., dan Suharyanto. 2005. Keragaman Genetik *Araucaria cunninghamii* Menggunakan Penanda RAPD. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Hutan Peningkatan Produktivitas Hutan-Peran Konservasi Sumber Daya Genetik, Pemuliaan dan Silviculture 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

