

**ANALISIS SISTEM PERKAWINAN MERBAU (*Intsia bijuga* O.Ktze)  
BERDASARKAN PENANDA ISOENZIM**

*Mating Systems Analysis of Merbau (*Intsia bijuga* O.Ktze) in Papua by Isoenzyme Markers*

**Mahfudz<sup>1</sup>, M. Na'iem<sup>2</sup>, Sumardi<sup>2</sup> dan E.B Hardiyanto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada  
Jl. Flora, Bulaksumur Yogyakarta 55582, Telp. (0274) 584136, Fax. (0274) 550541

**ABSTRACT**

*Merbau (*Intsia bijuga* O.ktze) is an important species to supply wood in Indonesia. Mating system on natural population of merbau can influence genetic diversity of merbau. The objectives of this study were to investigate mating system on natural forest of merbau in Papua. The research used 200 samples of merbau from 10 mother trees in Gunung Meja Forest Research Manokwari-Papua. Isoenzyme analysis was done using four enzyme systems i.e. Peroxidase (POD), Esterase (EST), Glutamate Oxaloacetate Transaminase (GOT) dan Diaphorase (DIA). Data were analysed using MLTR program. The results showed that average genetic diversity ( $H_e$ ) 0.463 and total heterozygosity (HT) 0.496. The multilocus population outcrossing rate ( $t_m$ ) and singlelocus population outcrossing rate( $t_s$ ) were  $t_m = 1.00$  and  $t_s = 0.992$ . Probability of inbreeding rate ( $t_m - t_s$ ) = 0.008.*

**Key Words :** *Intsia bijuga, mating system, isoenzyme, genetic variation*

**ABSTRAK**

Merbau (*Intsia bijuga* O.Ktze) merupakan salah satu jenis yang penting dalam pemenuhan kebutuhan kayu di Indonesia. Sistem perkawinan pada populasi alam merbau akan berpengaruh terhadap keragaman genetik merbau. Penelitian bertujuan untuk mengetahui sistem perkawinan merbau pada sebaran alamnya di Papua. Penelitian menggunakan daun semai merbau sebanyak 200 sampel yang berasal dari 10 pohon induk di Hutan Penelitian Gunung Meja Manokwari dan dianalisis dengan isoenzim. Sistem enzim yang digunakan dalam penelitian yaitu *Peroxidase* (POD), *Esterase* (EST), *Glutamate Oxaloacetate Transmirase* (GOT) dan *Diaphorase* (DIA). Analisis data untuk pendugaan sistem perkawinan dilakukan dengan menggunakan program MLTR. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata keragaman genetik ( $H_e$ ) sebesar 0,463 dan keragaman total (HT) sebesar 0,496. Nilai rerata perkawinan silang pada multi lokus ( $t_m$ ) dan rerata perkawinan silang pada suatu lokus ( $t_s$ ) sangat tinggi, yaitu  $t_m = 1,00$  dan  $t_s = 0,992$  serta peluang perkawinan kerabat ( $t_m - t_s$ ) = 0,008 atau 0,8% terjadi perkawinan kerabat.

**Kata Kunci :** Merbau, sistem perkawinan, isoenzim, keragaman genetik

## I. PENDAHULUAN

Merbau (*Intsia bijuga* O.Ktze) merupakan salah satu jenis yang penting dalam pemenuhan kebutuhan kayu di Indonesia maupun dunia. Distribusi merbau khususnya pada hutan alam di Papua masih cukup luas. Merbau dalam famili *Caesalpiniaceae* subfamili *Caesalpinoideae* (Tokede *et al.*, 2006). Sistem penyerbukan merbau dilakukan oleh serangga (Tripamungkas, 2008a). Perkawinan sendiri kemungkinan terjadi apabila serangga hanya menyerbuki dan bekerja dalam satu pohon saja, sehingga akan menghasilkan buah yang *inbreed* (Hedegart, 1973).

Kerapatan tegakan merbau terus menurun sebagai akibat penebangan pohon untuk pemenuhan kebutuhan kayu (Tokede *et al.*, 2006) dikhawatirkan akan mengakibatkan terjadinya perkawinan sendiri (*inbreeding*) yang akan berpengaruh pada keragaman genetik pada populasi alamnya. Oleh karenanya studi tentang sistem perkawinan pada merbau sangat diperlukan mengingat penelitian sistem perkawinan pada merbau masih terbatas yaitu di Kerom (Jayapura) dan Manokwari (Ningsih, 2008). Untuk melengkapi informasi tentang sistem perkawinan merbau, maka dilakukan analisis sistem perkawinan merbau di Hutan Wisata Alam Gunung Meja di Manokwari. Hutan Wisata Alam Gunung Meja merupakan tipikal hutan dataran rendah, sehingga kondisi tegakannya diharapkan dapat mewakili tegakan pada hutan dataran rendah Papua khususnya di Pantai Utara dan Kepala Burung Papua (Lekitoo *et al.*, 2008). Sistem perkawinan mempunyai peranan yang penting dalam pembentukan struktur genotipik dari generasi selanjutnya (Finkeldey, 2005) dan analisis sistem perkawinan akan membantu dalam

menginterpretasikan pola genetik dalam populasi berdasarkan informasi proporsi penyerbukan sendiri dan penyerbukan silang dalam populasi, serta estimasi tingkat depresi silang dalam (Zakaria *et al.*, 2005).

Salah satu penanda genetik yang dapat digunakan dalam menganalisis sistem perkawinan adalah isoenzim (Kertadikara dan Prat, 1995; James *et al.*, 2006). Beberapa kelebihan penanda isoenzim antara lain : 1). kebanyakan isoenzim stabil terhadap pengaruh lingkungan, 2). Pengamatan hanya memerlukan sebagian kecil saja jaringan hidup, 3). gen-gen lokus bersifat ko-dominan sehingga individu heterozigot dapat diidentifikasi, 4). banyak enzim dan contoh yang bisa diamati secara serentak, dan 5). pekerjaan laboratorium relatif sederhana (Finkeldey, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem perkawinan merbau di Papua.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Bahan yang digunakan adalah daun semai merbau umur 8 bulan yang bijinya dikumpulkan dari 10 pohon induk dari satu populasi merbau di Hutan Penelitian Gunung Meja Manokwari. Jumlah sampel yang digunakan adalah 200 sampel (20 sampel/pohon induk). Jumlah ini telah sesuai untuk analisis sistem perkawinan berdasarkan sistem perkawinan campuran (*mixed mating models*) menurut Ritland (2004).

### B. Metode

#### 1. Analisis isoenzim

Daun muda dari setiap semai diambil dan dihancurkan dengan mortar dan diberi larutan

ekstrak buffer sebanyak 1 ml. Sampel yang telah hancur selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung ependorf dan diputar dengan kecepatan 15.000 rpm pada suhu 0°C selama kurang lebih 20 menit. Larutan bening pada bagian atas yang disebut *supernatant* selanjutnya digunakan dalam proses elektroforesis. Elektroforesis dilakukan menurut Wendel dan Weeden (1989). Pewarnaan dilakukan dengan menggunakan 4 sistem enzim yang sesuai untuk merbau yang telah dilakukan sebelumnya oleh Halim (2008) yaitu *Peroxidase* (POD), *Esterase* (EST), *Glutamate Oxaloacetate Transmirase* (GOT) dan *Diaphorase* (DIA). Setelah pewarnaan gel selanjutnya difiksasi dan gel selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan kertas kaca. Observasi gel dilakukan dengan memberi kode alel pada pita-pita atau *band* yang terdapat pada lembar gel.

## 2. Analisa Data

### a. Parameter keragaman genetik

Parameter keragaman genetik dalam penelitian ini meliputi rata-rata jumlah alel per lokus (Aa), jumlah efektif alel per lokus (Ae), persentase lokus polimorfik (PPL), heterozygositas teramati (Ho), dan heterozygositas harapan (He) dihitung dengan menggunakan program komputer POPGENE 1.32 (Yeh, 2000). Jarak genetik dihitung berdasarkan jarak genetik standar Nei (Nei, 1972) dan koefisien diferensiasi genetik (Gst) dihitung berdasarkan pengukuran Nei (Nei, 1987).

### b. Sistem perkawinan

Analisis data untuk pendugaan sistem perkawinan dilakukan dengan menggunakan program *Multilocus Mating System Program*

(MLTR (Ritland, 2004)). Perhitungan dalam analisis MLTR ini menggunakan pengulangan 1000 (*bootstraps* 1000). Parameter yang dihitung dalam menentukan sistem perkawinan adalah :

- a.  $T_m$  (nilai rata-rata perkawinan silang yang diamati pada banyak lokus),
- b.  $T_s$  (nilai rata-rata perkawinan yang diamati pada suatu lokus),
- c.  $T_m - T_s$  (peluang terjadinya kawin kerabat),
- d.  $F_m$  (koefisien perkawinan kerabat pada induk betina yang diamati pada suatu lokus),
- e.  $r_p$  (proporsi keturunan yang berasal dari induk betina dan jantan yang sama) dan
- f.  $Nep$  (jumlah polen efektif yang dibutuhkan untuk melakukan pembuahan).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Parameter Genetik

Hasil analisis isoenzim pada 10 pohon merbau menunjukkan bahwa dari 4 sistem enzim yang digunakan yaitu POD, EST, GOT dan DIA teridentifikasi 6 lokus yaitu *Pod-1*, *Pod-2*, *Got-1*, *Got-2*, *Dia-1* dan *Est-1*. Keseluruhan lokus bersifat polimorfik kecuali di lokus GOT-2 yang monomorfik untuk pohon induk nomor 8 dengan jumlah alel keseluruhan sebanyak 18 alel. Frekuensi alel pada masing-masing lokus bervariasi dengan rekuensi alel terendah pada pohon induk 7 dan 8 sebesar 2,50 dan yang tertinggi pada pohon induk 5 sebesar 2,833. Nilai rata-rata jumlah alel yang teramati sebesar 2,667. Rata-rata persentase lokus polimorfik adalah 98,33%. Rata-rata nilai heterozigositas harapan (He) sebesar 0,463 (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai heterozigositas harapan (He) dan heterozigositas observasi (Ho) 10 pohon induk merbau

Pohon Induk	Rata-rata ukuran sampel per lokus	Persentase lokus polimorfik	Rata-rata heterozigositas	
			He	Ho
1	40	100,00	0,520	0,800
2	40	100,00	0,536	0,775
3	40	100,00	0,453	0,650
4	39	100,00	0,501	0,714
5	40	100,00	0,514	0,664
6	40	100,00	0,469	0,692
7	39	100,00	0,404	0,516
8	39	83,33	0,394	0,536
9	40	100,00	0,411	0,614
10	40	100,00	0,426	0,500
<b>Rata-rata</b>	<b>39,7</b>	<b>98,33</b>	<b>0,463</b>	<b>0,529</b>

Rata-rata keragaman genetik (He) 10 pohon induk *I. bijuga* yang berasal dari Hutan Penelitian Gunung Meja Manokwari sebesar 0,463 masih tinggi dan hampir sama dengan penelitian sebelumnya yaitu pada populasi Kerom 0,347 dan Manokwari 0,414 (Halim, 2008), empat populasi *I. bijuga* (Manokwari, Nabire, Ternate dan Carita) yang diteliti dengan RAPD yaitu sebesar 0,296. (Rimbawanto dan Widyatmoko, 2006) dan rata-rata keragaman genetik empat populasi *I. bijuga* (Haltim, Waigo, Nabire dan Seram) dengan isoenzim yaitu sebesar 0,404 (Tripamungkas, 2008). Secara umum rata-rata keragaman genetik *I. bijuga* lebih tinggi bila dibandingkan dengan keragaman genetik *I. palembanica* sebesar 0,242 (Lee *et al.*, 2002), maupun keragaman genetik pada tanaman tropis dan konifer yang memiliki keragaman genetik sebesar 0,211 dan 0,207 (Hamrick, 1989; Widyatmoko *et al.*, 2009).

Tingginya keragaman genetik pada merbau disebabkan oleh adanya sistem perkawinan silang (*outcrossing*) pada merbau yang ditunjukkan oleh rendahnya koefisien silang dalam ( $F_{is}$ ) sebesar -0,397, sebagaimana disajikan pada

Tabel 2. Tanaman berkayu yang berkawin silang memiliki variabilitas yang besar (Hamrick, 1989).

Tabel 2. Ringkasan F-Statistik dan aliran gen pada semua lokus (Nei, 1987) pada 10 pohon merbau

Lokus	N	Fis	Fit	Fst
<i>Pod-2</i>	394	-0,459	-0,397	0,043
<i>Pod-1</i>	394	-0,130	-0,013	0,104
<i>Got-2</i>	400	-0,499	-0,287	0,142
<i>Got-1</i>	400	-0,185	-0,134	0,043
<i>Dia-1</i>	394	-0,365	-0,288	0,057
<i>Est-1</i>	400	-0,602	-0,544	0,037
Rata-rata	397	-0,397	-0,303	0,067

## B. Sistem Perkawinan Merbau

Hasil estimasi nilai *outcrossing* yang diamati pada banyak lokus ( $T_m$ ), nilai *outcrossing* pada suatu lokus ( $T_s$ ), peluang terjadinya kawin kerabat ( $T_m-T_s$ ), koefisien perkawinan kerabat pada induk betina yang diamati pada suatu lokus ( $F_m$ ), korelasi *paternity* atau keturunan yang berasal dari induk betina dan jantan yang sama ( $r_p$ ) dan jumlah polen efektif yang dibutuhkan untuk melakukan pembuahan ( $N_{ep}$ ) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil estimasi parameter sistem perkawinan menggunakan MLTR

No	Parameter	Nilai
1.	Progeny	198,17
2.	$t_m$ (SD)	1,00
3.	$t_s$ (SD)	0,992
4.	$t_m - t_s$ (SD)	0,008
5.	$r_p$ (SD)	0,108
6.	$F_m$	0,095
7.	$Nep$ ( $1/r_p$ )	9,259

Hasil analisis dengan MLTR tersebut menunjukkan bahwa nilai rerata *outcrossing* pada multi lokus ( $t_m$ ) dan pada suatu lokus ( $t_s$ ) sangat tinggi yaitu  $t_m = 1,00$  dan  $t_s = 0,992$ . Nilai *outcrossing* pada multi lokus tidak berbeda dengan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan di Manokwari dan Kerom (Jayapura) oleh Ningsih (2008) yaitu nilai  $t_m = 1,00$ , namun agak berbeda dengan nilai  $t_m$  pada *I. palembanica* sebesar 0,766 (Lee dkk., 2002), dan jati sebesar 0,98 (Kartadikara dan Prat, 1995). Sedangkan nilai *outcrossing* pada suatu lokus ( $t_s$ ) pada populasi ini,  $t_s = 0,992$  tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu 0,981 (Manokwari yang lain) dan 0,972 (Kerom) (Ningsih, 2008).

Nilai  $t_m$  dan  $t_s$  yang besar menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya perkawinan silang pada populasi tersebut sangat besar, sehingga perkawinan kerabat yang terjadi adalah rendah yang ditunjukkan dengan nilai  $t_m - t_s = 0,008$  atau 0,8% terjadi perkawinan kerabat. Perkawinan kerabat pada populasi Manokwari ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Ningsih (2008) untuk populasi Manokwari yang lain dan Kerom (Jayapura) yaitu

masing-masing 0,019 dan 0,028. Kebanyakan jenis pohon tropis pada umumnya melakukan perkawinan silang, meskipun pada beberapa jenis seperti *Pinus merkusii* di Thailand dan banyak jenis *Eucalyptus* spp mempunyai proporsi *selfing* yang lebih tinggi (Finkeldey, 2005).

Adanya perkawinan silang pada *I. bijuga* menyebabkan variasi genetik totalnya lebih besar. Hal ini terlihat dari variasi genetik total (HT) pada penelitian analisis keragaman genetik dari 14 populasi merbau di Papua dan populasi di Manokwari yaitu 0,538 dan 0,496. Keragaman genetik total (HT) untuk *I. bijuga* tersebut lebih tinggi daripada keragaman genetik total *I. palembanica* sebesar 0,321 (Lee *et al.*, 2002). Perbedaan variasi pada kedua jenis tersebut dipengaruhi oleh perbedaan kondisi populasi *I. bijuga* dengan populasi *I. palembanica*. Kondisi kerapatan tegakan *I. bijuga* yang relatif masih tinggi di Papua mendukung terjadinya perkawinan silang pada tanaman. Tokede *et al.* (2006) mengemukakan bahwa persediaan tegakan tingkat pohon jenis *I. bijuga* di hutan alam produksi rata-rata sebesar 9 pohon per hektar dengan kerapatan pohon inti rata-rata 5 pohon per hektar dan pohon masak tebang rata-rata 4 pohon per hektar. Bila dibandingkan dengan data potensi pohon jenis komersial pada hutan utuh yang dilaporkan oleh Rachman (2003) yaitu pohon inti rata-rata 37 pohon/ha dan pohon masak tebang rata-rata 10 pohon/ha, maka jenis pohon merbau menempati masing-masing pohon inti 13,52 % dan pohon masak tebang 40,0 % dari potensi pohon jenis komersial. Data ini menunjukkan bahwa jenis merbau pada hutan alam produksi di Papua dominan di antara jenis

komersial lainnya sehingga peluang untuk melakukan perkawinan silang cukup besar.

Nilai korelasi *paternity* (rp) menunjukkan nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 0,108 bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu 0,269 untuk populasi Kerom dan 0,147 untuk populasi Manokwari yang lain (Ningsih, 2008). Nilai rp dipengaruhi oleh pembungaan (Cahyaningsih, 2010). Nilai rp yang lebih rendah menunjukkan adanya pembungaan yang lebih seimbang yaitu bunga betina yang melimpah diimbangi dengan bunga jantan yang melimpah pula. Sebaliknya apabila nilai rp yang lebih tinggi menunjukkan adanya ketidakseimbangan pembungaan, yaitu bunga betina melimpah dengan bunga jantan sedikit seperti yang terjadi pada *Pinus merkusii* di Kebun benih Sempolan terutama pada bulan Agustus (Cahyaningsih, 2010).

Kisaran jarak antar pohon yang dekat yaitu 10 m sampai 20 m pada populasi yang diamati mendukung adanya perkawinan silang. Penyerbukan merbau dilakukan oleh serangga terutama lebah (Tripamungkas, 2008), oleh karenanya jarak antar pohon 10 m - 20 m masih memungkinkan terjadinya penyerbukan. Masing-masing pohon saling melakukan perkawinan pada waktu yang serentak. Waktu berbunga dan berbuah merbau umumnya terjadi secara serentak dan musim berbunga di Gunung Meja Manokwari terjadi pada bulan Januari (Untarto, 1998). Nilai Nep sebesar 9,5 mengindikasikan bahwa jumlah polen yang dibutuhkan untuk menyerbuki putik secara efektif adalah sebesar 9,5. Nilai Nep pada populasi ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai Nep pada penelitian Ningsih (2008) yaitu 3,7 untuk populasi Kerom (Jayapura) dan

6,8 untuk populasi Manokwari. Frekuensi ovul dan polen sama untuk semua lokus (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa keturunan yang dihasilkan merupakan hasil kontribusi dari polen dan ovul yang seimbang dan mengindikasikan tidak adanya polen dari luar populasi yang diteliti yang berkontribusi dalam membuahi ovul di dalam populasi.

Tabel 4. Frekuensi alel pada polen dan ovul

Lokus	alel	polen	ovul
<i>Pod-1</i>	a	0,430	0,430
	b	0,508	0,508
	c	0,062	0,062
<i>Pod-2</i>	a	0,379	0,379
	b	0,332	0,332
	c	0,289	0,289
<i>Got-1</i>	a	0,224	0,224
	b	0,757	0,757
	c	0,019	0,019
<i>Got-2</i>	a	0,019	0,019
	b	0,916	0,916
	c	0,065	0,065
<i>Dia-1</i>	a	0,233	0,233
	b	0,370	0,370
	c	0,397	0,397
<i>Est-1</i>	a	0,310	0,310
	b	0,100	0,100
	c	0,590	0,590

### C. Implikasi Bagi Kegiatan Pemuliaan

Sistem perkawinan merbau yang berkawin silang dapat dijadikan pertimbangan dalam melakukan pengambilan materi genetik untuk pemuliaan. Jarak antara pohon induk yang diambil materi genetiknya tidak berdekatan. Pembuatan pembatas (*border*) yang cukup lebar diperlukan apabila pembangunan uji keturunan ataupun uji genetik lainnya di Papua yang lokasinya berdekatan dengan tegakan merbau.

#### IV. KESIMPULAN

1. Variasi genetik pada populasi merbau di Manokwari cukup tinggi dengan total keragaman  $H_T = 0,496$  dan rata-rata keragaman dari 10 pohon induk  $H_e=0,463$ .
2. Sistem perkawinan merbau pada populasi alam mempunyai kecenderungan kawin silang yang ditunjukkan oleh nilai *oucrossing* pada multi lokus ( $t_m$ ) dan suatu lokus ( $t_s$ ) yang sangat tinggi dan sebaliknya peluang terjadinya perkawinan kerabat (*inbreeding*) rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Finkeldey, R. 2005. *An Introduction to Tropical Forest Genetics, Institute of Forest Genetics dan Forest Tree Breeding*, Georgia-August-University Gotinggen, Busgenweg 2, D-37077 Gotinggen, Germany.
- Halim, R.M.AE.L., 2008. *Variasi genetik dalam dan antar populasi merbau dengan analisis isozim*. Skripsi Mahasiswa S1 Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Hamrick, J.L. 1989. Isozyme and the analysis of genetic structure in plant population. In: Soltis, D.E. and Soltis P.S (Eds) *Isozyme in Plant Biology*. Dioscoridos Press. Oregon. pp 87-105.
- Hedegart, T. 1973. Pollination of teak (*Tectona grandis*). *Silvae Genetica* **22** :124 -128
- James, T., Vege, S., Aldrich, P., dan Hamrich, J.L. 2006. Mating system of three tropical dry forest tree species. *Biotropica*, **30**: 587-594.
- Kertadikara, A.W.S., dan D. Prat. 1995. Genetic structure and mating system in teak (*Tectona grandis* L.f.) provenances. *Silva Genetica* **44**, 2-3.
- Lee, S.L., Kevin, K.S., Leng-Guan Saw, Adnan Norwati, M.H Siti Salwana, Chai-Ting Lee dan M. Norwati. 2002. Population genetic of *Intsia palembanica* (Leguminosae) and genetic conservation of virgin jungle reserve in Peninsular Malaysia, *American Journal of Botany* **89**(3): 447-459.
- Lekitoo, K., Matani, O.P.M., Remetwa, H., dan Hatubun, C.D. 2008. Keanekaragaman flora Taman Wisata Alam Gunung Meja-Papua Barat. Balai Penelitian Kehutanan Manokwari.
- Nutjahjaningsih, ILG. 2010. Sistem perkawinan di kebun benih *Pinus merkusii* di Jember. Makalah dalam Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Jogjakarta.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *American Naturalist*, **106**, 283-92
- Nei, M. 1987. *Moleculer Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York
- Ningsih, A.N. 2008. *Sistem perkawinan pada sebaran alam merbau di Papua berdasarkan penanda isozim*. Skripsi Mahasiswa S1 Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta (tidak diterbitkan)
- Rachman, E. 2003. Pengelolaan kayu merbau di hutan alam: Kajian potensi dan eksploitasi kayu merbau di hutan alam produksi. Dalam Prosiding Lokakarya Ekspose Hasil-Hal Penelitian Balai Penelitian Kehutanan

- Manokwari Tahun 2003. BPK Manokwari. pp : 110 -122.
- Rimbawanto, A. dan AYBC Widyatmoko. 2006. Keragaman genetik empat populasi *Intsia bijuga* berdasarkan penanda RAPD dan implikasinya bagi program konservasi genetik. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 3 (3): 149-154.
- Ritland. 2004. Multilocus Mating System Program. <http://genetics.forestry.ubc.ca/ritland/program>
- Tokede, M.J.,B. V. Mambai,L. B. Pangkali dan Z. Mardiyadi. 2006. *Persediaan Tegakan Alam dan Analisis Perdagangan Merbau di Papua*. Laporan WWF Region Sahul papua. Jayapura.
- Tripamungkas, Y. 2008a. *Studi variasi genetik beberapa populasi merbau menggunakan penanda isoenzim dan pemanfaatannya dalam program konservasi genetik*. Tesis S2 Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Tripamungkas, Y. 2008b. Variasi genetik beberapa populasi merbau (*Intsia bijuga* O.Ktze) berdasarkan penanda isoenzim. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 2 (3): 243-251.
- Untarto, T.M. 1998. Merbau (*Intsia bijuga*) jenis andalan yang unggul Irian Jaya : Gambaran umum dan prospek pengembangannya. Matoa: Visi & Misi BPK Manokwari. Informasi Teknis 5(1). Balai Penelitian Kehutanan Manokwari. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan. Departemen Kehutanan dan Perkebunan.
- Wendel, J.F. dan Weeden, N.F. 1989. Visualization and interpretation of plant isozymes. In 'Isozymes In Plant Biology'. (eds P. Soltis and D. Soltis)Vol. 4,chapter 1, pages 5-45 (Dioscorides Press: Portland).
- Widyatmoko, R.D Afritanti, Taryono dan A. Rimbawanto. 2009. keragaman genetik lima populasi *Gyrinops verstegii* di Lombok menggunakan penanda RAPD. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 3 (1): 1-10.
- Yeh, F.C. 2000. Population Genetics. In A Young, D. Boshier dan T.Boyle (Eds), *Forest Conservation Genetics, Principle and Practice*. CABI Publishing.
- Zakaria, E., A.Widodo., A.Subyanto dan Y.W.N. Ratnaningrum. 2005. Aplikasi manajemen penyerbukan untuk optimalisasi produksi benih jati. Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Hutan Peran Konservasi Sumberdaya Genetik, Pemuliaan dan Silvikultur dalam Mendukung Rehabilitasi Hutan. Yogyakarta 26-27 Mei 2005.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dewan Redaksi Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan kepada Prof. Dr. Mohammad Nai'em selaku Mitra Bestari (*Peer Reviewer*) atas telaah dan saran terhadap isi naskah yang dimuat pada Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan Vol. 4 No. 2 Tahun 2010.