

# TINGKAT INKOMPATIBILITAS BERSILANG SENDIRI PADA TANAMAN KAYU PUTIH

*Self-Incompatibility Level on Cajuput*

**Noor Khomsah Kartikawati**

Pusat Litbang Hutan Tanaman

## ABSTRACT

*The aim of this research was to evaluate self incompatibility level on cajuput. Controlled pollination was carried out on progeny test seedling seed orchard of cajuput at Paliyan, Gunungkidul, Yogyakarta. Based on flowering potential, 9 plus trees were selected as parent trees. They were cross-pollinated reciprocally using full diallel design. Controlled geitonogamy self-pollination was also done in order to measure self-incompatibility level on cajuput. Most selfed fruits aborted while outcrossed fruits survived. The result showed very low index of self-incompatibility (0.05) and categorized cajuput into self-incompatible species. It indicated that production of improved seed by open pollination among parent trees in seedling seed orchard will not be influenced by selfing.*

**Key words:** *Cajuput, geitonogamy, selfing, self-incompatibility*

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat inkompatibilitas pada tanaman kayu putih. Penyerbukan terkendali dilakukan pada kebun benih uji keturunan kayu putih di Paliyan, Gunungkidul, Yogyakarta. Sembilan pohon plus dipilih sebagai pohon induk berdasarkan potensi pembungaannya. Pohon induk disilangkan secara resiprokal dengan menggunakan desain full diallel. Penyerbukan sendiri juga dilakukan untuk mengetahui tingkat inkompatibilitas bersilang sendiri pada tanaman ini. Hampir semua buah hasil penyerbukan sendiri gugur sedangkan hasil penyerbukan silang berhasil. Hasil penelitian menunjukkan tingkat inkompatibilitas bersilang sendiri pada tanaman kayu putih sangat rendah, yaitu 0.05 sehingga termasuk tanaman yang tidak kompatibel bersilang sendiri. Ini menggambarkan usaha peningkatan produksi benih hasil penyerbukan terbuka sudah aman dari kemungkinan selfing sehingga tidak ada penurunan kualitas akibat kawin kerabat.

**Kata kunci :** *Geitonogamy, inkompatibilitas bersilang sendiri, kayu putih, penyerbukan sendiri.*

## I. PENDAHULUAN

*Melaleuca cajuputi* subsp *cajuputi* yang dikenal sebagai tanaman kayu putih, merupakan salah satu jenis anggota genus *Melaleuca* yang dapat menghasilkan minyak atsiri dan lebih dikenal dengan nama minyak kayu putih. Jenis ini sangat adaptif pada lahan marginal dan banyak diusahakan oleh Perum Perhutani. Luasan penanaman jenis ini di Indonesia mencapai lebih dari 9.000 ha (Rimbawanto, 2000). Tanaman kayu putih mulai berbunga umur 1,5 tahun (Doran *et al.*, 1998). Puncak pembungaan bervariasi antar tempat tumbuh. Pada daerah yang memiliki curah hujan banyak puncak produksi bunga berlangsung lebih lama. Pada kebun benih di Paliyan Gunungkidul di mana penelitian ini dilakukan puncak pembungaan terjadi pada bulan Februari – Maret. Bunga kayu putih bersifat *hermaphrodyt* (berkelamin ganda), artinya dalam satu kuntum bunga terdapat organ reproduksi jantan dan betina. Selain itu bunga tanaman kayu putih juga bersifat *protandrous* artinya serbuk sari masak sebelum putik siap dibuahi, sehingga kemungkinan terjadinya penyerbukan sendiri pada bunga yang sama sangat kecil.

Ditinjau dari sifat-sifat morfologi seperti disebutkan di atas, penyerbukan pada tanaman kayu putih secara umum merupakan penyerbukan silang. Perantara yang berperan dalam penyerbukan tersebut adalah serangga. Hendrati *et al.* (2002) menyebutkan beberapa jenis serangga yang sering mengunjungi bunga kayu putih antara lain lebah, kupu-kupu, semut besar dan lalat, tetapi jenis serangga yang benar-benar berperan sebagai *pollinator* belum diteliti lebih lanjut.

Tanaman kayu putih mampu memproduksi bunga secara terus menerus selama musim berbunga sehingga besar kemungkinan terjadinya penyerbukan sendiri (*selfing*) dalam satu tajuk karena bunga pada setiap pohon tumbuh pada waktu berlainan. Sampai saat ini informasi tentang besarnya kemampuan bersilang sendiri (*self incompatibility*) pada jenis ini belum diketahui. Salah satu metode untuk mengetahui tingkat inkompatibilitas bersilang sendiri adalah dengan menghitung nilai indeks bersilang sendiri (*index of self-incompatibility*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tingkat inkompatibilitas (ketidakcocokan) bersilang sendiri pada kebun benih kayu putih.

## II. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman *M. cajuputi* subsp. *cajuputi* di Kebun Benih Uji Keturunan (KBUK) Paliyan, Gunungkidul, DIY yang dibangun pada bulan Maret 1998 atas kerjasama antara Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman (sebelumnya P3BPTH) Yogyakarta dengan CSIRO Forestry and Forest Product Australia. Kebun benih tersebut menggunakan rancangan RCBD (*Randomized Complete Block Design*). Tersusun dari 5 provenans, yaitu dari Pulau Buru (5. famili), Ambon (1 famili), Seram (7 famili), Northern Territory Australia (2 famili) dan Western Australia (3 famili), sehingga jumlah seluruhnya menjadi 20 famili. Berdasarkan hasil evaluasi KBUK tahun 2001 telah terpilih 15 pohon plus, namun hanya 9 pohon yang berbunga dan selanjutnya digunakan sebagai pohon induk untuk persilangan dalam penelitian ini seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pohon kayu putih yang digunakan sebagai induk persilangan.

No.	Nomor pohon plus	Provenans	Letak geografis	
1.	2	Masarete, Pulau Buru	03° 22' 38" LS	127° 08' 12" BT
2.	2a	Masarete, Pulau Buru	03° 22' 38" LS	127° 08' 12" BT
3.	9	Pelita Jaya, Pulau Seram	03° 03' 00" LS	128° 08' 00" BT
4.	10	Pelita Jaya, Pulau Seram	03° 03' 00" LS	128° 08' 00" BT
5.	11	Pelita Jaya, Pulau Seram	03° 03' 30" LS	128° 08' 00" BT
6.	18	Suli, Ambon	03° 37' 02" LS	128° 18' 40" BT
7.	19	Wangi, Australia Utara	13° 09' LS	130° 35' BT
8.	23	Waterbank, Australia Barat	17° 46' LS	122° 16' BT
9.	25	Masarete, Pulau Buru	03° 22' 38" LS	127° 08' 12" BT

Pada masing-masing pohon induk dilakukan penyerbukan terkendali (*crossing*) dan penyerbukan sendiri (*selfing*). Persilangan dilakukan dengan menggunakan rancangan *full diallel*, yaitu persilangan di mana pohon induk disilangkan baik sebagai induk jantan maupun induk betina, sehingga antar semua pohon induk disilangkan secara resiprokal. Di samping itu penyerbukan sendiri (*selfing*) secara buatan untuk setiap pohon induk juga dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai inkompatibilitas bersilang sendiri pada jenis kayu putih.

Penyerbukan sendiri hanya dilakukan pada bunga yang berbeda pada individu yang sama (*geitonogamy*), mengingat jenis ini diduga bersifat *dicogamy* atau organ jantan dan betina tidak matang pada waktu yang sama sehingga tidak mungkin dilakukan penyerbukan pada bunga yang sama (*autogamy*) dan tidak dapat diperhitungkan untuk menganalisis nilai inkompatibilitas bersilang sendiri. Pengamatan periodik dilaksanakan sejak dilakukan penyerbukan sampai pemanenan buah dengan menghitung jumlah buah yang jadi. Penyerbukan terkendali ini dilaksanakan tahun 2002 - 2004 dengan mengikuti metode seperti yang telah diuraikan oleh Moncur (1995).

*Index of self incompatibility* (ISI) digunakan sebagai parameter untuk mengamati besarnya nilai inkompatibilitas bersilang sendiri. ISI dihitung berdasarkan rumus berikut ini (Kenrick, 1986) :

$$ISI = \frac{\text{Jumlah buah hasil penyerbukan sendiri}}{\text{Jumlah buah hasil penyerbukan silang}}$$

Selanjutnya dibuat 4 kategori pengelompokan tanaman berdasarkan nilai ISI. Tanaman dipertimbangkan sebagai :

1. *Self incompatible* jika  $ISI < 0.2$
2. Sebagian *self incompatible* jika  $0.2 > ISI < 0.9$
3. Sepenuhnya *self compatible* jika  $ISI = 1$
4. Individual jika ISI lebih besar dari 1.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah :

1. Jumlah bunga yang diserbuki
2. Jumlah bunga pada saat kantong dibuka
3. Jumlah buah yang jadi pada setiap pengamatan
4. Jumlah buah yang jadi sampai saat buah masak/panen
5. Persen buah jadi.

### III. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian, jumlah buah jadi tanaman kayu putih hasil penyerbukan sendiri maupun penyerbukan silang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 :

Tabel 2. Hasil penyerbukan silang dan penyerbukan sendiri pada tanaman kayu putih di Paliyan.

Induk Betina	Induk jantan										
	2	5	8	9	10	11	18	19	25	23	2a
2		5	9	6	7	6	6	19	5	17	
5						*	*	*	*		
9		*				*	*	*	9	5	
10	1			6		5	3	4	10	8	9
11	8	3		3		*	7	7	6		
18	1	13			11	3	*	13	6	11	10
19	6	13	18	*	2	35	10		*		
25	*	*	*	10	7	11	*	12		6	
23					6		1	4			
2a	3	7					8	3	9	8	2

- Keterangan : \* : dilakukan penyerbukan tetapi buah gugur (karena ranting patah, kering atau serangan ulat)  
 \*\* : buah rontok bukan karena kerusakan teknis  
 5 : angka menunjukkan jumlah buah yang jadi pada setiap kombinasi persilangan.

Dari Tabel 2 diatas terdapat variasi jumlah buah jadi antar kombinasi persilangan. Penyerbukan silang menghasilkan buah jadi yang lebih besar dibandingkan penyerbukan sendiri. Pada penyerbukan sendiri hampir seluruhnya gugur dan hanya ada satu famili yang dapat menghasilkan buah yaitu famili 2a dengan jumlah buah 2.

Tabel 3. Persentase buah jadi hasil penyerbukan silang dan penyerbukan sendiri kayu putih di Paliyan.

A	SELFING					
	Jumlah bunga diserbuki	Jumlah bunga kantong dibuka	Jumlah bunga pengamatan I	Jumlah buah jadi	Persen jadi buah	Rata-rata
2	9	0	0	0	0	0
2	36	11	11	0	0	0
2	6	6	1	0	0	0
2a	15	12	5	2	0.13	0.13
10	15	11	0	0	0	0
11	30	15	8	0	0	0
18	33	22	22	0	0	0
19	28	0	0	0	0	0
19	23	0	0	0	0	0
25	3	3	0	0	0	0
Rata-rata dari semua famili yang diamati					0.013	

B	CROSSING						
	No Famili	Jumlah bunga diserbuki	Jumlah bunga kantong dibuka	Jumlah buah pengamatan I	Jumlah buah jadi	Persen jadi buah	rata-rata
	2	275	184	107	80	3.40	0.38
	2a	126	99	50	38	3.34	0.42
	10	101	88	57	46	3.96	0.49
	11	67	57	39	33	3.34	0.48
	18	120	101	82	68	4.35	0.54
	19	139	114	94	84	3.35	0.56
	25	62	59	51	46	3.74	0.75
	Rata-rata dari semua famili yang diamati					3,64	

Tabel 3 menunjukkan perkembangan kondisi buah sejak penyerbukan hingga buah dipanen (3-4 bulan setelah penyerbukan). Pada penyerbukan sendiri satu minggu setelah penyerbukan (kantong dibuka) masih terdapat buah yang menempel pada ranting tetapi akhirnya buah gugur sebelum waktu masak. Rata-rata persen jadi buah hasil penyerbukan sendiri sebesar 0.013. Hanya pada famili 2a yang memberikan kontribusi terhadap nilai persen jadi buah yaitu sebesar 13% (0.13) Sedangkan pada penyerbukan silang sebagian buah masih bertahan hingga waktu masak dengan rata-rata persen jadi buah 36,4% (> 0.30). Secara umum nampak bahwa penyerbukan sendiri pada tanaman kayu putih memberikan persen keberhasilan yang sangat rendah dan ini merupakan gambaran kasar adanya inkompatibilitas bersilang sendiri pada jenis ini.

Untuk mengetahui besarnya tingkat inkompatibilitas tersebut selanjutnya dihitung *index of self incompatibility (ISI)* menurut Kenrick (1986). Besarnya tingkat ISI untuk masing-masing famili disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *index of self incompatibility (ISI)* pada tanaman kayu putih.

No	Famili	Selfing	Crossing	ISI
1	2	0	37.7	0
2	2a	13.3	41.7	0.32
3	10	0	49.4	0
4	11	0	47.6	0
5	18	0	54.3	0
6	19	0	55.7	0
7	25	0	74.7	0
	rata-rata			0.05

Dari Tabel 4 terlihat hampir semua famili menghasilkan nilai ISI nol, kecuali famili 2a, sedangkan rata-rata nilai ISI untuk semua famili adalah 0.05. Menurut Kenrick (1986), nilai ISI ini termasuk rendah (kurang dari 0.2) sehingga tanaman kayu putih diklasifikasikan sebagai tanaman yang tidak cocok bersilang sendiri.

#### IV. PEMBAHASAN

Pada proses penyerbukan dan pembuahan diperlukan saling kecocokan (kompatibel) antara gamet jantan dan gamet betina. Pembuahan ini akan berhasil apabila serbuk sari dapat berkecambah di atas kepala putik, selanjutnya tabung serbuk sari (*pollen tube*) dapat tumbuh terus menembus ovarium hingga akhirnya serbuk sari dapat membuahi sel telur. Hasil pengamatan yang dilakukan pada tanaman kayu putih menunjukkan bahwa pembuahan hanya berhasil pada penyerbukan silang dan sedikit sekali (hampir tidak ada) yang berhasil pada penyerbukan sendiri. Hal ini tercermin dari rendahnya nilai ISI yaitu 0.05. Pada penyerbukan sendiri, satu minggu setelah penyerbukan menunjukkan buah masih menempel pada ranting tetapi tampak layu dan keriput meskipun ada juga yang masih tampak bagus/sehat. Kondisi buah yang layu dan keriput ini akhirnya gugur sebelum buah masak.

Secara umum terjadinya inkompatibilitas bersilang sendiri merupakan akibat dari kegagalan serbuk sari untuk dapat melekat atau berkecambah pada kepala putik, atau kegagalan tabung serbuk sari untuk memasuki kepala putik, atau tumbuh ke bawah tangkai putik (de Nettancourt, 1977). Menurut Barlow and Forrester (1984) yang meneliti tentang inkompatibilitas pada beberapa jenis *Melaleuca* (*M. radula*, *M. cordata*, *M. nematophylla*, *M. hypericifolia*, *M. thymifolia*), perkecambahan serbuk sari yang diawali dengan pembentukan tabung serbuk sari (*pollen tube*) terjadi kurang dari 24 jam setelah penyerbukan. Lebih lanjut disebutkan untuk jenis *M. nematophylla* tabung serbuk sari akan mencapai dasar saluran tangkai putik (*canalys stylinus*) setelah 24 jam tetapi setelah itu pertumbuhannya terhenti dan tidak sampai terjadi pembuahan. Sedangkan pada *M. hypericifolia*, *M. thymifolia* setelah mencapai indung telur, tabung serbuk sari akan berbalik arah sehingga proses pembuahan gagal. Beberapa kasus yang terjadi pada *Melaleuca sp* menunjukkan adanya fenomena inkompatibilitas bersilang sendiri sebelum pembuahan (*pre-fertilization self incompatibility*). Hal yang sama diduga juga terjadi pada kayu putih (*Melaleuca cajuputi*).

Inkompatibilitas bersilang sendiri merupakan suatu mekanisme dalam tumbuhan berbunga yang mendorong terjadinya penyerbukan silang dan mencegah terjadinya penyerbukan sendiri. Inkompatibilitas bersilang sendiri terjadi pada angiosperm (tumbuhan berbiji tertutup) yang biseksual, terutama berjenis hermaphrodit (di dalam satu kuntum bunga terdapat organ kelamin jantan dan betina). Jenis lain yang merupakan kerabat dekat kayu putih, yaitu *M. alternifolia* memiliki nilai rerata penyerbukan terbuka (*outcrossing rate*) yang sangat tinggi (93%) pada populasi alamnya (Butcher *et al*, 1992), meskipun perbedaan genetik antar populasinya rendah (12%). Nilai ISI dan rerata tingkat penyerbukan sendiri (*selfing rate*) yang rendah menunjukkan suatu jenis memiliki kecenderungan untuk dapat mempertahankan heterozigositas yang teramati (*observed heterozygosity = Ho*) dan variabilitas genotipenya secara alami.

Informasi mengenai sistem perkawinan (*mating system*) bermanfaat untuk mengetahui cara efektif yang diperlukan untuk tujuan pemuliaan suatu jenis, terutama dalam upaya penyerbukan terkendali dari kedua induk/tetua yang sudah terpilih. Hasil pemuliaan menjadi tidak optimal bila suatu jenis yang tergolong *self-incompatible* diperbanyak melalui penyerbukan terkendali tanpa mempertimbangkan *allele* yang dimiliki oleh induk jantan (*pollen donor*) pada lokus S, yaitu lokus yang bertanggung jawab terhadap proses pembungaan/pembuahan. Proses pembuahan tidak dapat terjadi karena dihambat apabila *allele* pada induk jantan dan induk betina sama (de Nettancourt, 1977).

Tingkat inkompatibilitas bersilang sendiri yang tinggi pada tanaman kayu putih memberikan dampak positif dalam program pemuliaan. Hal ini memudahkan pemulia di dalam menghimpun variasi genetik karena dapat menggunakan benih hasil penyerbukan terbuka dari pohon-pohon terpilih penyusun kebun benih. Benih-benih tersebut aman dari kemungkinan terjadinya depresi inbreeding akibat perkawinan antar kerabat. Mengingat tingginya tingkat inkompatibilitas tanaman kayu putih maka dalam program pemuliaan selanjutnya perlu dibangun suatu kebun benih klon (*clonal seed*

*orchard*) yang tersusun dari pohon-pohon plus dari kebun benih uji keturunan kayu putih. Dengan demikian akan terjadi penyerbukan silang diantara pohon-pohon plus tersebut dan diharapkan akan menghasilkan perolehan genetik (*genetic gain*) yang lebih besar.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini tanaman kayu putih dikategorikan ke dalam jenis yang tidak cocok bersilang sendiri dengan nilai indeks inkompatibilitas bersilang sendiri yang sangat rendah (ISI=0.05). Hal ini menunjukkan kecilnya peluang terjadinya penyerbukan sendiri pada jenis ini. Rendahnya nilai ISI pada kayu putih menghilangkan kekhawatiran penurunan kualitas benih hasil penyerbukan terbuka pada kebun benih.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh tim kayu putih (Anto Rimbawanto, Mudji Susanto, Prastyono, Alin Maryanti dan Sukijan) yang telah membantu pekerjaan di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- de Nettancourt, D. 1977. Incompatibility in Angiosperms. Springer. Berlin.
- Barlow., B.A and J. Forrester, 1984, Pollen Tube Interactions in *Melaleuca*, in *Pollination* 84. University of Melbourne. Australia.
- Butcher, P.A., J.C. Bell and G.F. Moran. 1992. Pattern of Genetic Diversity and Nature of the Breeding System in *Melaleuca alternifolia*. *Australian Journal of Botany*, 40: 365-75.
- Doran J, A. Rimbawanto, B.V. Gunn and A. Nirsatmanto, 1998, Breeding Plan for *Melaleuca cajuputi* subsp. *cajuputi* in Indonesia, Technical Report No. 98/178, CSIRO Forestry and Forest Products, Canberra, Australia.
- Hendrati, R., Baskorowati, L. and Kartikawati, N.K. 2002. Reproductive Biology of *Melaleuca cajuputi* subsp. *cajuputi*. *Proceedings Advances in Genetic Improvement of Tropical Tree Species*. Yogyakarta.
- Kenrick, J. 1986. A Method for Estimating Self-Incompatibility. In Williams.E.G. Knox R.B. and Irvine,D. (eds). *Pollination* 86. University of Melbourne. Australia.
- Moncur. M.W, 1995. Techniques for Pollinating Eucalypts. Australian centre for Agricultural Research. Canberra
- Rimbawanto, A. 2000, Pemuliaan Tanaman Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi* subsp.) di Jawa, *Duta Rimba* 243/xxiv- September 2000, hal 19-21.