

ESTIMASI PARAMETER GENETIK DAN PERAN GEN PADA UJI KETURUNAN *FULL SIB* KAYUPUTIH DI GUNUNGKIDUL

Estimation of Genetic Parameter and Gene Action on Cajuputi Fullsib Progeny Test at Gunungkidul

Noorkhomsah Kartikawati¹⁾, Mohammad Naiem²⁾, Eko Bhakti Hardiyanto²⁾, Anto Rimbawanto¹⁾

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan¹⁾
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta
Email : aticka_kart@yahoo.com
Universitas Gadjah Mada²⁾

ABSTRACT

Controlled pollination technique could be applied to generate gene recombinant from families in progeny test and to estimate genetic parameters. The early step in evaluation of controlled pollination is to estimate general combining ability and specific combining ability. The objectives of this research were to estimate genetic parameters on full sib progeny test of Melaleuca cajuputi subsp cajuputi cajuput and to identify gene action –controlling growth and oil traits. The research was conducted on full sib progeny test at Gunungkidul, established in an Incomplete Block Design with six treeplots and eight replications. Tree height and diameter stem growth were observed at seven years old. Oil yield and cineole content were examined using gas chromatography. Analysis of variance and genetic parameter were calculated for all measured variables. The result showed that individual heritabilities on growth traits (h_i^2 of stem diameter=0.34 and tree height=0.01, respectively) were lower than on oil traits (h_i^2 of oil yield=0.6 and cineole=0.4, respectively). This indicated that oil traits tend to genetically controlled. Analyses of variances on General Combining Ability (GCA) and Specific Combining Ability (SCA) effects from a series of 15 sets of 5 x 5 half-diallel mating experiments showed that all traits (height, diameter, oil and 1,8 cineole yields) were controlled by non-additive genes. Consequently, controlled pollination of selected plus trees should be carried out until heterosis of improved progenies could be found.

Key words : *cajuput, heritability, full sib, General Combining Ability (GCA), Specific Combining Ability (SCA)*

ABSTRAK

Teknik persilangan terkendali dapat dimanfaatkan untuk memperoleh rekombinasi gen dari berbagai famili dalam uji keturunan dan untuk estimasi parameter genetik. Tahap awal dalam menilai persilangan terkendali adalah dengan mengevaluasi daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK). Penelitian ini bertujuan untuk menaksir parameter genetik dan mengetahui tindak gen yang berperan dalam pengendalian sifat pertumbuhan (tinggi dan diameter) dan sifat minyak (rendemen dan kadar cineol) pada pohon kayuputih. Penelitian dilakukan pada uji keturunan *full sib* di Gunungkidul, dengan rancangan blok tidak lengkap, enam treeplot, delapan replikasi. Pertumbuhan tinggi tanaman dan diameter batang diamati pada umur tujuh tahun. Rendemen dan kadar cineol minyak diamati dengan *gas chromatography*. Analisis varians dan perhitungan parameter genetic dilakukan terhadap semua variabel yang diukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai heritabilitas diameter ($h_i^2=0.34$) pada uji keturunan *full sib* termasuk sedang, dan heritabilitas pada sifat tinggi sangat rendah ($h_i^2=0.01$), sedangkan heritabilitas sifat minyak (rendemen $h_i^2=0.6$ dan kadar cineole $h_i^2=0.4$). Ini mengindikasikan bahwa sifat minyak pada uji keturunan *fullsib* lebih dikendalikan oleh faktor genetik. Hasil analisis varian pada nilai DGU dan DGK dari 5 x 5 *half diallel* rancangan persilangan menunjukkan bahwa nilai kuadrat tengah DGK lebih besar, mengindikasikan bahwa sifat pertumbuhan dan sifat minyak lebih banyak dipengaruhi oleh gen non aditif. Implikasi dari hasil ini adalah bahwa pada strategi pemuliaan kayuputih perlu dilakukan persilangan terkendali sampai ditemukan keturunan yang sifatnya lebih unggul dari kedua induknya (heterosis) untuk selanjutnya diperbanyak secara vegetatif.

Kata kunci : *kayuputih, full-sib, heritabilitas, Daya Gabung Umum (DGU), Daya Gabung Khusus (DGK).*

Tanggal diterima : 26 Desember 2012; Direvisi : 25 Januari 2013; Disetujui terbit : 24 Juni 2013

I. PENDAHULUAN

Upaya pemuliaan tanaman kayu putih telah dimulai sejak tahun 1998 melalui pembangunan kebun benih uji keturunan kayu putih skala minor (19 famili) di Gunungkidul dengan materi dari Kepulauan Buru, Ambon, Seram dan Australia bagian barat dan utara. Berdasarkan hasil evaluasi di kebun benih ini sebanyak 15 pohon terbaik yang memiliki kandungan cineole dan rendemen yang tinggi telah diseleksi. Guna lebih meningkatkan kualitas genetik dan sifat minyak kayuputih, maka dilakukan persilangan terkendali "half diallel" antar pohon-pohon terbaik pada kebun benih tersebut untuk menggabungkan sifat-sifat unggul dari kedua induknya. Pemanfaatan persilangan terkendali dengan rancangan 'dialell' sudah banyak digunakan dalam program pemuliaan pohon, karena disamping digunakan untuk mendapatkan rekombinasi gen dari berbagai famili dalam uji keturunan juga dapat digunakan untuk estimasi parameter genetik (Yeh dan Heaman, 1987). Melalui persilangan terkendali dapat diketahui gen mana yang berperan dalam pengendalian suatu sifat.

Secara umum ada dua macam tindak gen dalam pewarisan suatu sifat, yaitu gen aditif dan gen non- aditif. Kepentingan relatif nilai varians aditif dan non-aditif memainkan peranan yang penting dalam praktik pemuliaan tanaman yaitu untuk

pemilihan strategi pemuliaan dan strategi pengembangan populasi, prediksi hasil seleksi dan evaluasi *breeding system* (Wu dan Matheson, 2004).

Tahap awal dalam menilai hasil persilangan terkendali adalah dengan mengevaluasi daya gabung umum - DGU (*General Combining Ability-GCA*) dan daya gabung khusus - DGK (*Specific Combining Ability-SCA*). Informasi ini diperlukan untuk mengetahui tindak gen yang berperan dalam pengendalian suatu sifat. Selain itu informasi ini selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui kombinasi tetua yang akan menghasilkan keturunan yang berpotensi hasil tinggi. Hasil yang tinggi akan dapat dicapai jika keturunan dari kombinasi persilangan tersebut memiliki heterosis positif dan daya gabung yang tinggi (Stuber, 2004).

Materi hasil persilangan terkendali telah dibangun sebagai uji keturunan *full sib* di Gunungkidul Yogyakarta. Untuk mengetahui bagaimana kinerja masing-masing induk pada keturunan yang dihasilkannya perlu dilakukan evaluasi terhadap uji keturunan *full sib* yang dibangun. Penelitian ini bertujuan untuk menaksir parameter genetik dari uji keturunan *full sib* kayu putih dan mengetahui tindak gen yang berperan dalam pengendalian sifat pertumbuhan (tinggi dan diameter) dan sifat minyak (rendemen dan kadar cineol)

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi uji, rancangan dan pengukuran

Uji keturunan *full sib* dibangun di Playen, Gunungkidul, Yogyakarta pada tahun 2004, menggunakan rancangan blok tak lengkap (*Incomplete Block Design*) terdiri atas 40 famili, 8 replikasi dan jumlah pohon per plot sebanyak 6 dengan jarak tanam 3 m x 2 m. Tinggi tempat kurang lebih 150 m di atas permukaan laut. Iklim termasuk tipe C menurut Schmidt dan Ferguson, dengan curah hujan 2100 mm per tahun (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2010). Rancangan persilangan yang digunakan adalah dialel penuh (*full dialel*), artinya satu pohon dijadikan sebagai induk bintina dan induk jantan. Namun demikian, karena

kombinasi persilangan yang didapatkan tidak lengkap, maka dalam analisis ini hanya akan dievaluasi 5 pohon induk dengan rancangan persilangan setengah dialel (*half-diallel*) (Gambar 1). Pada umur 5 tahun pertumbuhan tinggi total pohon diukur dengan galah, diameter batang diukur pada tinggi 1.30 m menggunakan pita ukur, dan sampel daun diambil untuk dianalisis kandungan 1,8 cineole-nya serta rendemen minyaknya. Analisis kandungan minyak baik kadar 1,8 cineole dan rendemen minyak dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* dilakukan di Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Informasi pohon induk yang digunakan untuk persilangan terkendali dapat dilihat Tabel 1.

Tabel 1. Informasi pohon induk pada kebun benih di Paliyan yang digunakan untuk persilangan terkendali.

Nomor pohon induk	Provenans	Letak geografis	
2	Masarete, Pulau Buru	03° 22' 38" LS	127° 08' 12" BT
10	Pelita Jaya, Pulau Seram	03° 03' 00" LS	128° 08' 00" BT
11	Pelita Jaya, Pulau Seram	03° 03' 30" LS	128° 08' 00" BT
18	Suli, Ambon	03° 37' 02" LS	128° 18' 40" BT
19	Wangi, Australia Utara	13° 09' LS	130° 35' BT
25	Masarete, Pulau Buru	03° 22' 38" LS	127° 08' 12" BT

No Pohon induk	18	11	25	19	10	2
18						
11	*					
25	*	*				
19	*	*	*			
10	*	*	*	*		
2	*	*	*	*	*	

Gambar 1. Rancangan persilangan pada penyerbukan terkendali di kebun benih kayuputih di Paliyan

Analisis Data

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

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + B_{ij} + J_k + B_{ij} * J_k + R_i * B_{ij} * J_k + E_{ijkl}$$

Keterangan: Y_{ijkl} = nilai pengamatan pohon ke-1 pada induk betina ke i, induk jantan ke j dan replikasi ke k; μ = rerata umum; R_i = efek replikasi ke i; B_{ij} = efek induk betina ke j; J_k = efek induk jantan ke k; $R_i * B_{ij} * J_k$ = interaksi efek replikasi, induk betina dan induk jantan dan E_{ijk} = eror random

Untuk mengetahui proporsi faktor genetik terhadap fenotipe dari sifat-sifat yang diamati, maka dihitung nilai estimasi heritabilitas berdasarkan komponen varians induk betina, induk jantan, interaksi induk jantan dan betina untuk masing-masing sifat. Estimasi parameter genetik berupa heritabilitas dihitung dengan rumus sebagai berikut (Zobel and Talbert, 1984). Standar error untuk heritabilitas diestimasi berdasarkan Becker 1984 dengan rumus berikut :

$$\text{Standar Error} = \sqrt{\frac{2}{k^2} \sum \frac{MS^2_{BJ}}{db_{BJ}+2} + \frac{MS^2_{BJK}}{db_{BJK}+2}}$$

Keterangan : k = replikasi, B = induk betina, J = induk jantan, MS = kuadrat tengah

Heritabilitas individu:

$$h^2_{ind} = \frac{2(\sigma^2_B + \sigma^2_J)}{\sigma^2_B + \sigma^2_J + \sigma^2_{B*J} + \sigma^2_E}$$

Keterangan : σ^2_B = varians antar induk betina ; σ^2_J = varians antar induk jantan; σ^2_{B*J} = varians interaksi induk betina dan induk jantan ; σ^2_E = varians error. Estimasi varian masing-masing komponen didasarkan pada mixed model (model campuran) dengan metode REML

Korelasi genetik antar sifat yang diamati dihitung sebagai berikut :

$$r_A = \frac{CovA(xy)}{\sqrt{\sigma^2_x * \sigma^2_y}}$$

$$CovA(xy) = \frac{\sigma^2_{xy} - \sigma^2_x - \sigma^2_y}{2}$$

Dimana σ^2_x adalah varian komponen famili (varian komponen induk betina+ jantan) sifat x; σ^2_y adalah varian komponen famili (varian komponen induk betina+ jantan) sifat y

Untuk mengetahui tindak gen yang berperan pada pengendalian suatu sifat maka dilakukan analisis varians berdasarkan nilai Daya Gabung Umum (DGU) dan Daya Gabung Khusus (DGK). Anova untuk DGU dan DGK dengan Metode 2 *half diallel* mengacu pada rumus yang dikembangkan oleh Griffing (1958) (Tabel 2). Nilai daya gabung umum dan daya gabung khusus dihitung sebagai berikut :

$$DGU = \text{Nilai rerata tetua} - \text{nilai rerata uji}$$

$$DGK = \text{Nilai keturunan teramati} - \text{Nilai keturunan harapan.}$$

$$\text{Nilai keturunan harapan} = \text{Rerata uji} + \text{DGU induk betina} + \text{DGU induk jantan}$$

Tabel 2. Model analisis varian metode 2 half diallel Griffing

Sumber Variasi	Derajat bebas	Kuadrat Rerata	Kuadrat Rerata Harapan
DGU	p-1	KR _{dgu}	$\sigma^2_e + r \sigma^2_{dgk} + p+2 \sigma^2_{dgu}$
DGK	p(p-1)/2	KR _{dgk}	$\sigma^2_e + r \sigma^2_{dgk}$
Eror	(r-1)[(p-1)+p(p-1)/2]	RK _e	σ^2_e

p= jumlah pohon induk; r = replikasi; $\sigma^2_{dgu} = \frac{1}{4} \sigma^2_a$; $\sigma^2_a =$ varian aditif ; $\sigma^2_{dgk} =$ kovarians family *full sib* - (2 kovarians family *half-sib*)= $\frac{1}{4} \sigma^2_d$.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Estimasi parameter genetik

3.1.1 Pengaruh induk terhadap tinggi, diameter, rendemen dan cineol

Hasil analisis varians pada beberapa sifat yang diamati dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Anova pengaruh induk jantan dan betina terhadap sifat yang diamati pada uji Keturunan *full-sib* kayuputih di Playen, Gunungkidul.

Sumber Variasi	Derajat bebas	Kuadrat Rerata			
		Tinggi	Diameter	Rendemen	Cineole
Replikasi	2	6.513**	736.379	11.657	29.261 ns
Induk betina	4	2.049*	1975.107**	189.266	24.119 ns
Induk jantan	4	1.159	1340.535**	582.792**	81.509 ns
Betina * jantan	6	2.577**	942.539**	42.813	93.977ns
Betina *Jantan *					
Replikasi	28	1.2111*	554.849*	95.867	31.130 ns
Eror	41	1.040	415.366	94.013	41.412

Keterangan : * = signifikan pada taraf uji $0,01 < P < 0,05$;

*** = signifikan pada taraf uji $P < 0,01$;

ns = tidak berbeda nyata

Tabel 3 menunjukkan bahwa induk jantan dan induk betina berpengaruh nyata terhadap diameter, tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan 1,8 cineole, sedangkan pada rendemen sangat berbeda nyata hanya pada pengaruh induk jantan saja. Hal ini terjadi karena pohon-pohon induk yang digunakan dalam persilangan terkendali

adalah pohon-pohon induk yang terpilih dan memiliki kadar cineole maupun rendemen minyak yang tinggi. Sebaliknya hasil analisis varians pada pertumbuhan tinggi pohon menunjukkan perbedaan yang nyata pada pengaruh induk betina, sedangkan pada diameter terdapat perbedaan yang nyata dari efek induk jantan, induk betina dan interaksi keduanya dan interaksi induk jantan, betina dan replikasi.

3.1. 2 Estimasi heritabilitas

Dari ke-4 sifat yang diamati, tinggi dan diameter memiliki heritabilitas yang rendah, sedangkan rendemen minyak dan kadar 1.8 cineole memiliki nilai heritabilitas tinggi (Tabel 4). Susanto *et al.* (2003) menyebutkan bahwa nilai heritabilitas rendemen minyak pada uji keturunan *half-*

sib tanaman kayuputih di Paliyan Gunungkidul sebesar 0,4 dan heritabilitas pada kadar 1,8 cineole sebesar 0.54. Spesies lain yang berdekatan dengan *Melaleuca cajuputi* yaitu *M. alternifolia* dilaporkan memiliki nilai heritabilitas rendemen minyak sebesar 0,51 (Doran, 1997). Nilai heritabilitas rendemen minyak yang lebih besar pada penelitian ini (0,64) ini dapat disebabkan oleh uji keturunan *full sib* yang merupakan hasil perkawinan pohon-pohon induk yang unggul. Tingginya nilai heritabilitas rendemen pada uji keturunan *full sib* kayuputih ini mengindikasikan bahwa sifat sifat tersebut lebih kuat dikendalikan oleh faktor genetik dibandingkan dengan faktor lingkungan.

Tabel 4. Heritabilitas pada 4 sifat yang diamati pada uji keturunan *full-sib* kayuputih di Gunungkidul.

Sifat	Heritabilitas individu (h^2) \pm se
Tinggi	0,13 \pm 0,08
Diameter	0,23 \pm 0,18
Rendemen	0,64 \pm 0,14
Cineole	0,41 \pm 0,16

Nilai heritabilitas suatu sifat akan berbeda untuk spesies, lokasi, umur dan pola pertanaman yang berbeda, terutama pada kasus dimana jumlah pohon induk yang diuji hanya sedikit (Isik *et al.*, 2003; Volker *et al.*, 2008). Sementara itu Lynch dan Walsh (1998) menyampaikan bahwa nilai heritabilitas ini tergantung oleh variasi genetik dan lingkungan. Perubahan situasi

lingkungan suatu populasi dapat merubah nilai heritabilitas sebanyak atau lebih dari pada suatu perubahan di dalam susunan genetik. Dengan demikian maka variasi lingkungan yang tidak terkendali dapat membatasi perolehan genetik suatu populasi.

3.1.3. Korelasi genetik

Korelasi genetik antar sifat yang diamati dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Korelasi antar sifat pada uji keturunan fullsib kayuputih

	Rendemen	1.8 cineole	Tinggi
1.8 cineole	-0,215	-	
Tinggi	0,157	-0,213	-
diameter	-0,291	0,036	0,1824

Dari Tabel 5 terlihat bahwa korelasi negatif terdapat antara sifat rendemen dan 1.8 cineole, antara rendemen dan diameter serta antara tinggi dan kadar 1.8 cineole. Sementara itu, korelasi yang positif terdapat pada hubungan antara tinggi dan rendemen, diameter dan kadar 1.8 cineole serta antara tinggi dan diameter. Susanto *et al.* (2003) menyebutkan bahwa korelasi negatif antara rendemen dan kadar 1.8 cineole (-0.25) juga terjadi pada uji keturunan *halfsib* kayuputih umur 2 tahun di Gunungkidul. Adanya hubungan yang terbalik antar sifat-sifat yang diamati ini membutuhkan perhatian khusus

pada saat melakukan seleksi karena memuliakan sifat yang satu dapat menurunkan sifat yang lain.

3.2 Tindak gen dalam pengendalian sifat-sifat yang diamati

3.2.1 Daya Gabung Umum

Nilai daya gabung umum (DGU) menunjukkan kemampuan induk betina untuk bergabung dengan induk jantan secara umum dalam menghasilkan individu baru. Nilai DGU pada 5 pohon induk yang digunakan dalam persilangan kayuputih dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai daya gabung umum (DGU) pada pohon induk kayuputih untuk beberapa sifat yang diamati.

Pohon induk	Sifat yang diamati			
	Tinggi	Diameter	Rendemen	Cineol
2	0,17	1,76	-3,38	0,38
10	-0,61	-11,02	2,74	-0,97
11	-0,19	5,09	-0,60	-1,27
19	0,65	15,31	1,95	0,92
25	-3,20	-9,34	0,33	0,24

Untuk tinggi pohon dan diameter batang, famili 19 memiliki nilai DGU yang paling baik, sehingga untuk kedua sifat ini famili 19 merupakan penggabung yang baik (*good combiner*), sedangkan untuk rendemen minyak, famili 10 memiliki nilai

DGU yang tertinggi yaitu 2,74 dan untuk kandungan cineol famili 19 memiliki nilai DGU yang tertinggi (Tabel 6).

Secara umum dari semua sifat yang diamati, famili 19 memiliki nilai DGU diatas rata-rata yang paling baik jika

dibandingkan dengan famili yang lain, sehingga famili 19 yang berasal dari Australia bagian utara ini dapat dinyatakan sebagai penggabung yang baik untuk semua sifat yang dievaluasi. Famili 10 terlihat memiliki nilai DGU paling baik untuk rendemen minyak, tetapi untuk sifat yang lain menunjukkan nilai negatif (dibawah rata-rata)

Dalam upaya pemuliaan kayuputih, sifat minyak (rendemen dan cineole) memiliki bobot ekonomi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sifat pertumbuhan (tinggi dan diameter). Hasil evaluasi DGU ini menunjukkan bahwa benih yang dihasilkan dari famili 19 dan 10 akan memiliki sifat minyak yang lebih baik dibandingkan dengan famili yang lain. Dengan demikian, pemanfaatan famili 19 dan 10 dalam memproduksi benih perlu lebih diperhatikan karena kedua famili ini

merupakan penggabung umum yang baik. Jansson dan Li (2004) menyebutkan bahwa strategi dengan menyilangkan pohon induk dengan nilai DGU tinggi ini akan menghasilkan perolehan genetik yang lebih besar seperti yang dilakukan pada *Pinus taeda* L.

3.2.2 Daya Gabung Khusus

Nilai daya gabung khusus (DGK) masing-masing kombinasi persilangan dapat dilihat pada Tabel 7. Untuk tinggi pohon, kombinasi persilangan 25 x 11 menunjukkan nilai DGK paling baik, sedangkan untuk diameter batang kombinasi persilangan 25 x 18 memiliki nilai DGK yang paling besar. Kombinasi persilangan 2 x 10 menghasilkan nilai DGK yang terbaik untuk rendemen minyak dan kombinasi persilangan 2 x 18. memiliki nilai DGK tertinggi untuk sifar kadar cineol.

Tabel 7. Nilai daya gabung khusus masing-masing kombinasi persilangan untuk beberapa sifat pada pada uji keturunan *full-sib* kayuputih

Kombinasi Persilangan	Tinggi	Diameter	Rendemen	Cineol
2 x 10	-0,17	-1,76	8,09	-0,64
2 x 11	-0,50	-1,88	-3,42	1,73
2 x 18	-0,49	-0,22	-1,45	4,36
2 x 19	-2,33	-25,56	-0,21	-1,15
2 x 25	0,45	7,99	0,67	-5,01
10 x 11	0,59	15,05	-0,19	-2,66
10 x 18	0,95	5,37	3,21	-1,15
10 x 19	-1,55	-12,78	0,84	1,73
10 x 25	0,26	-5,58	2,55	0,40
11 x 18	-0,08	-1,87	-3,93	-0,79
19 x 11	-0,24	-0,88	2,09	3,38

19 x 18	0,20	-6,76	1,33	-4,87
19 x 25	-0,61	-3,05	-4,54	4,28
25 x 11	3,13	28,89	-0,13	-3,02
25 x 18	2,59	39,57	-0,21	3,15

Hal yang menarik dari Tabel 6 dan Tabel 7 adalah pada famili 25 yang berasal dari Masarete, Pulau Buru, yang ketika disilangkan dengan famili 11 dan 18 menghasilkan nilai DGK yang paling baik untuk pertumbuhan pohon. Demikian juga halnya dengan famili 2 yang berasal dari provenans yang sama yaitu Masarete, Buru ketika disilangkan dengan famili 10 dan 18 menghasilkan nilai DGK yang baik untuk sifat minyak. Famili 19, yang jika dilihat dari nilai DGU-nya baik untuk semua sifat, ternyata ketika disilangkan hanya menghasilkan nilai DGK yang baik untuk sifat minyak saja (rendemen dan cineol)

yaitu ketika disilangkan dengan famili 11 yang berasal dari Pelita Jaya, Pulau Seram.

Dari Tabel 7 juga terlihat beberapa kombinasi persilangan yang menunjukkan nilai DGK yang rendah, yang berarti bahwa kombinasi dari tetua tidak kompatibel untuk meningkatkan sifat-sifat tersebut. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa DGU yang baik tidak selalu menghasilkan nilai DGK yang juga baik karena keduanya dikendalikan oleh gen yang berbeda. Untuk melihat lebih jauh pentingnya efek DGU dibandingkan dengan efek DGK terhadap sifat yang diamati maka dilakukan analisis varians, yang hasilnya disampaikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai kuadrat rerata daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) pada beberapa sifat yang diamati pada uji keturunan *full-sib* kayuputih

Sumber variasi	Derajat bebas	Kuadrat Rerata			
		Tinggi	Diameter	Rendemen	cineol
Replikasi	2	4,796 *	635,955ns	1,344	31,818
DGU	4	3,795*	1901,78**	156,748	11,932
DGK	10	6,423**	1131,73**	256,378*	106,66*
Error	70	1,071	415,3	101,413	41,412
komponen					
$\frac{1}{4} \sum g_i^2$		0,226	118,06	5,802	0,898
$\frac{1}{10} \sum s_i^2$		1,92	259,53	9,972	9,538

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai kuadrat rerata DGK lebih besar daripada DGU untuk semua sifat yang diamati, kecuali pada sifat diameter. Pada pertumbuhan tinggi dan diameter baik nilai

DGK maupun DGU menunjukkan beda nyata, hal ini berarti bahwa baik gen aditif maupun non aditif bekerja pada pengendalian kedua sifat tersebut. Untuk sifat minyak (rendemen dan kadar cineol)

terlihat bahwa hanya nilai DGK yang berbeda nyata, berarti sifat tersebut lebih banyak dikendalikan oleh gen non aditif. Sementara itu Baskorowati (2008) yang melakukan evaluasi tindak gen pada persilangan terkendali *Melaleuca alternifolia* menunjukkan bahwa sifat jumlah biji yang dihasilkan dan perkecambahan biji lebih dikendalikan oleh gen non aditif.

3.3 Implikasi tindak gen terhadap strategi pemuliaan pada tanaman kayuputih

Pada umumnya strategi pemuliaan didasarkan pada konsep seleksi berulang (*recurrent selection*) untuk daya gabung umum (DGU) dan dasar pemikiran yang dibangun adalah bahwa peningkatan perolehan genetik bersifat progresif dengan semakin meningkatnya jumlah generasi. Pada generasi pertama dilakukan seleksi sehingga terpilih pohon-pohon yang superior dan selanjutnya dari penyerbukan terbuka diantara pohon superior ini akan didapatkan benih (generasi kedua) yang lebih bagus dibandingkan dengan generasi pertama. Begitu seterusnya hal itu dilakukan hingga diperoleh peningkatan genetik yang signifikan. Konsep strategi *breeding* ini berasumsi bahwa varians genetik aditif hanya berfungsi sebagai sumber variasi dan varians genetik non aditif hanya murni dihasilkan dari pasangan gen tertentu (Van

Buijtenen, 1988). Strategi pemuliaan yang sama diterapkan pada tanaman kayuputih, dengan konsep seleksi berulang.

Informasi penting yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa pada 4 sifat yang diamati yaitu tinggi, diameter, rendemen dan cineole pada uji keturunan *full-sib* diperoleh nilai kuadrat rerata DGK yang lebih besar dibandingkan dengan kuadrat rerata DGU (Tabel 7). Hal ini berarti bahwa tindak gen yang berperan dalam pengendalian beberapa sifat yang diamati adalah gen non aditif, baik dominan maupun epistasi. Dalam upaya pemuliaan tanaman kayuputih, dari sifat-sifat yang diamati diatas bobot tertinggi terdapat pada rendemen, karena sifat ini secara ekonomis yang terpenting dalam pemuliaan kayuputih.

Dari informasi yang diperoleh di atas maka dalam strategi pemuliaan kayuputih alternatif melakukan penyerbukan terkendali dapat dipilih. Upaya ini ditempuh dengan menyilangkan individu-individu dengan nilai DGU yang tinggi sampai didapatkan individu yang memiliki sifat lebih baik dibanding tetuanya (heterosis). Setelah ditemukan individu yang heterosis maka dilakukan pembiakan vegetatif secara masal untuk kepentingan skala operasional. Pengembangan pembiakan vegetatif pada pohon kayuputih dapat dilakukan dengan mudah karena pohon kayuputih memiliki kemampuan bertunas (*sprouting ability*) yang bagus.

Aplikasi pemanfaatan nilai DGK dalam strategi pemuliaan membawa konsekuensi pada upaya pemuliaan yang lebih rumit karena memerlukan keahlian dalam melakukan penyerbukan terkendali. Pekerjaan penyerbukan terkendali dalam skala luas sulit dilakukan dan membutuhkan tenaga dan biaya yang besar serta waktu yang lama. Selain itu perolehan genetik yang dihasilkan menjadi sulit diprediksi karena transfer sifat tetua kepada turunannya tidak kuat diwariskan. Oleh karenanya nilai estimasi varians DGK tidak dapat serta merta diaplikasikan untuk strategi *breeding* suatu jenis karena banyak sekali faktor yang mempengaruhi nilai estimasi tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah kesalahan sampling, dan kesalahan dalam asumsi distribusi gen ("Linkage Disequilibrium", adanya epistasi dan dominasi maupun pengaruh lingkungan) (Wu dan Matheson, 2004). Lebih lanjut disebutkan oleh Hayman (1963) dalam Wu dan Matheson, 2004, bahwa varians DGK dan DGU juga dipengaruhi oleh jumlah pohon induk yang disilangkan. Disebutkan bahwa jumlah pohon induk yang cukup mewakili untuk analisis DGK dan DGU minimal 10. Diduga salah satu penyebab munculnya varians DGK yang tinggi dalam penelitian ini adalah karena terbatasnya jumlah pohon induk yang disilangkan (5 pohon induk). Selain itu, pohon induk yang disilangkan adalah pohon-pohon induk yang

sudah terseleksi sehingga ini juga mempengaruhi hasil yang diperoleh.

Pengalaman yang diaplikasikan pada *Pinus taeda* L di North Caroline oleh Jansson dan Li (2004) menyebutkan bahwa strategi dengan cara menyilangkan pohon induk dengan nilai DGU tinggi (*good combiner*) akan menghasilkan peningkatan genetik yang lebih bagus jika dibandingkan dengan pemanfaatan nilai DGK yang tinggi. Satu hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam pemanfaatan varian genetik non aditif adalah bahwa peran gen ini dapat berubah-ubah menurut umur. Seperti yang pernah dilaporkan pada jenis conifer (*Pinus taeda*), varian genetik non aditif meningkat pada umur-umur awal dan menurun pada umur yang lebih tua (Byram dan Lowe 1986; Bolacchi *et al.*, 1993). Carson (1985) menyebutkan bahwa para pemulia cenderung menghindari pemanfaatan varian DGK dan memilih menggunakan varians DGU dalam strategi *breeding* karena varian DGU lebih luas dan lebih kondusif untuk teknik pemuliaan yang sederhana.

Sebagai implikasinya dalam program pemuliaan kayuputih dalam rangka mendapatkan benih unggul dari kebun benih, terdapat 2 alternatif yaitu teknik penyerbukan terbuka maupun penyerbukan terkendali. Guna mendapatkan perolehan genetik yang lebih besar lagi, maka dapat dilakukan teknik penyerbukan terkendali dengan menyilangkan pohon-pohon dengan

DGU yang tinggi sampai didapatkan individu yang heterosis.

IV. KESIMPULAN

Evaluasi pada uji keturunan fullsib kayuputih menunjukkan nilai heritabilitas individu yang tinggi yaitu $h^2 = 0.6$ untuk rendemen dan $h^2 = 0.4$ untuk kadar cineole, sedangkan heritabilitas individu pada pertumbuhan menunjukkan rendah (h^2 tinggi pohon = 0.13; h^2 diameter batang = 0.23). Famili 19 yang berasal dari Australia bagian utara merupakan *good combiner* (pengabung yang bagus) untuk sifat tinggi, diameter, rendemen dan cineol. Evaluasi terhadap peran gen yang dilakukan pada hasil persilangan terkendali 5 pohon induk menunjukkan bahwa gen non-aditif baik dominan maupun epistasi lebih berperan dalam pengendalian semua sifat yang diuji yaitu pertumbuhan (tinggi dan diameter) dan sifat minyak (rendemen dan cineol). Hal tersebut tercermin dari nilai DGK yang lebih besar dibanding dengan DGU.

Dengan mempertimbangkan hasil yang diperoleh, dan sebagai implikasi terhadap strategi breeding yang dilakukan, maka strategi breeding dengan melakukan persilangan terkendali dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif. Penyerbukan terkendali dilakukan dengan bermacam kombinasi persilangan terutama pada famili-famili yang memiliki nilai DGU yang tinggi sampai diperoleh individu yang heterosis

untuk selanjutnya dikembangkan secara vegetatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada tim kayuputih yang telah membantu pengambilan data di lapangan maupun dalam analisis minyak di Laboratorium Gas Chromatography di Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balocchi CE, Bridgwater FE, Zobel BJ, Jahromi S. 1993. Age trends in genetic parameter for tree height in a non-selected population of loblolly pine. *Forest Science* 39:231-251
- Baskorowati. L. 2008. Reproductive biology of *Melaleuca alternifolia* (maiden & Betche) Cheel. PhD Thesis. The Fenner School Environment and Society. Faculty of Science, The Australian National University, Canberra.
- Becker, WA. 1984. *Manual of Quantitative Genetic.. Academic Enterprises. Pullman. USA.*
- Byram TD, Lowe WJ. 1986. General and specific combining ability estimates for growth in loblolly pine. In : *Proceeding of the IUFRO conference on breeding theory, progeny testing and seed orchard, Williamsburg, Va. Pp 352-360.*
- Carson, MJ. 1985. Controll-pollinated seed orchards of best general combiners- a new strategy for radiata pine improvement. *Agronomic Soc. New Zealand. Spec. Publ., No 5, 144-148.*
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2010. *Data curah hujan Kabupaten Gunungkidul. Gunungkidul. Tidak dipublikasikan*
- Doran, JC, Turnbull, JW. 1997. *Australian Trees and Shrubs: Species for Land*

- Rehabilitation and Farm Planting in the Tropics. ACIAR Monograph No.24.ACIAR, Canberra, Australia. 384p
- Griffing, B. 1958. Concept of General Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. Australian Journal of Biological Science 9: 463-493
- Isik F, Li B, Frampton J. 2003. Estimates of additive, dominance and epistatic genetic variances from a clonally replicated test of loblolly pine. For sci 49:77-78
- Jansson G, Li B. 2004. Genetic Gains of Full-Sib Families from Disconnected Diallels in Loblolly Pine. Silvae genetic 52, 3: 60-64
- Lynch M, Walsh B. 1998. Genetic and analysis of quantitative traits. Sinauer associates Inc. Sunderland. Massachusetts.
- Stuber CW. 2004. Heterosis in Plant Breeding. Plant Breeding Reviews, Volume 12, pp.227 – 251.
- Susanto M, DoranJC, ArnoldR, RimbawantoA. 2003. Genetic Variation in Growth and Oil Characteristics of *Melaleuca cajuputi* subsp. *cajuputi* and Potential for Genetic Improvement. Journal of Tropical Forest Science 15(3): 469-482
- Volker PW, Pott, BM., Borralho, NMG.2008. Genetic parameters of intra and inter specific hybrid of *Eucalyptus globulus* and *E.nitens*. Tree Genet Genomes 4:445-460.
- Wu XH, Matheson, C. 2004. General and specific combining ability from partial diallels of radiate pine: implications for utility of SCA in breeding and deployment populations. Theor Appl Genet 108:1503-1512
- Yeh FC, Heaman JC. 1987. Estimating parameters of height growth in seven-years old coastal Douglas-fir from disconnected diallels. Forest Science 33: 946-957.
- Zobel BJ, TalbertJ. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons. New York.