

**PENINGKATAN GENETIK AKTUAL
DAN INTERAKSI SUMBER BENIH X LOKASI TERHADAP KADAR 1,8 CINEOLE
DAN RENDEMEN MINYAK PADA KAYUPUTIH**

*Realized genetic gain and seed source x site interaction on 1.8 cineole content and oil yield
of cajuput*

Noor Khomsah Kartikawati, Prastyono, dan Anto Rimbawanto
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
email: aticka_kart@yahoo.com

Tanggal diterima: 2 September 2016, Tanggal direvisi: 24 November 2016, Disetujui terbit: 15 Desember 2016

ABSTRACT

Realized genetic gain of improved seed of cajuput from a breeding program and seed source x site interaction on the oil properties (1.8 cineole and oil yield) was evaluated through the establishment of genetic gain trials in two sites: Gunungkidul dan Ponorogo. Improved seed from two seed sources tested in the trials were first generation seedling seed orchard (SSO-1) and selected superior seed trees in the SSO-1 (SSO-2). As a control, unimproved seed from three seed sources: natural stands in Maluku (ST-1), plantation in Ponorogo (ST-2) and Gundih (ST-3) were also planted together in the trials. The genetic gain trials were established using a randomised complete block design which consists of 5 tested seed sources, 20 tree-plot, 8 replicates and spacing of 3 x 3 m. The results of study showed that the realized genetic gain for the content of 1.8 cineole from SSO-2 over the controls ranged from 13.78% to 17.52% and the genetic gain of the oil yield ranged from 15.76% to 26,43%. Meanwhile the realized genetic gain for SSO-1 ranged from 2.07% to 5.42% and 10.15% to 20.30% for the content of 1.8 cineole and oil yield, respectively. The non-significance of seed source x site interaction indicates that all improved seed from the first-generation seedling seed orchard of cajuput in Paliyan are most likely to be adaptable to the varies site in Gunungkidul and Ponorogo while maintaining the high productivity in oil properties.

Keywords: *genetic gain trial, tree improvement, seedling seed orchard, oil properties*

ABSTRAK

Peningkatan genetik aktual benih unggul kayuputih hasil program pemuliaan dan interaksi sumber benih x lokasi terhadap sifat minyak (kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak) kayuputih dievaluasi melalui pembangunan plot uji peningkatan genetik di Gunungkidul dan Ponorogo. Benih unggul dari dua kebun benih diuji dalam plot ini, yaitu kebun benih generasi pertama (SSO-1) di Paliyan dan pohon-pohon superior di SSO-1 (SSO-2). Sebagai kontrolnya digunakan benih yang belum dimuliakan yaitu benih dari tegakan alam di Maluku (ST-1), tegakan di Ponorogo (ST-2) dan tegakan di Gundih (ST-3). Rancangan percobaan yang digunakan pada plot uji peningkatan genetik adalah rancangan acak lengkap berblok dengan 5 sumber benih, 20 *tree-plot*, 8 ulangan dan jarak tanam 3 x 3 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan genetik aktual pada kadar 1,8 *cineole* dari SSO-2 lebih baik dibandingkan kontrol sebesar 13,78% - 17,52% dan peningkatan genetik pada rendemen sebesar 15,76% - 26,43%. Sementara itu peningkatan genetik aktual dari SSO-1 sebesar 2,07% - 5,42% untuk 1,8 *cineole* dan 10,15% - 20,30% untuk rendemen. Tidak terdapat beda nyata pada interaksi antara lokasi dan sumber benih yang diuji memberikan indikasi bahwa benih unggul dari kebun benih generasi pertama kayu putih di Paliyan dapat beradaptasi dengan baik pada lokasi Gunungkidul dan Ponorogo dengan tingkat produktivitas minyak yang stabil.

Kata kunci: *peningkatan genetik aktual, pemuliaan pohon, kebun benih semai, sifat minyak*

I. PENDAHULUAN

Melaleuca cajuputi subsp. *cajuputi* yang lebih dikenal dengan tanaman kayuputih tersebar secara alami di Australia bagian utara (Northern Territory) dan barat (Western Australia) serta bagian Timur Indonesia yaitu kepulauan Maluku

yang mencakup Pulau Ambon, Pulau Seram, Pulau Buru dan pulau-pulau kecil di sekitarnya serta pulau Timor (Craven & Barlow, 1997). Tanaman ini dikembangkan di Pulau Jawa pertama kali tahun 1926 oleh Belanda dengan tujuan utama untuk reboisasi lahan kritis. Penanaman dilakukan dengan menggunakan

benih yang diambil dari Pulau Buru (Doran, Rimbawanto, Gunn, B, & Nirsatmanto, 1998). Dalam perkembangannya tanaman ini selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan baku industri minyak kayuputih.

Sebagian besar industri minyak kayuputih di Indonesia berasal dari hutan tanaman yang dikelola oleh Perum Perhutani dan Dinas Kehutanan dan Perkebunan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Dishutbun DIY) serta dari tegakan alam di kepulauan Maluku yang dikelola oleh masyarakat setempat. Karena terdapat kesenjangan dalam penyediaan dan permintaan minyak kayuputih maka program pemuliaan kayuputih dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan produktifitas tanaman kayuputih. Program pemuliaan kayuputih telah dimulai sejak tahun 1998 oleh Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan bekerjasama dengan CSIRO Forestry and Forest Product Australia dan telah berhasil membangun kebun benih sebagai konversi dari uji keturunan generasi pertama (F-1) di Gunungkidul, Cepu dan Ponorogo (Doran, et al., 1998). Program ini merupakan program pemuliaan kayuputih pertama di Indonesia.

Potensi kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak pada kebun benih uji keturunan kayuputih generasi pertama di Paliyan, Gunungkidul secara berturut-turut sebesar 1,7% dan 50,8% (Susanto, Rimbawanto, Prastyono, & Kartikawati, 2008). Sedangkan pada kebun benih uji keturunan generasi pertama kayuputih di Ponorogo potensi 1,8 *cineole* sebesar 3,84% dan rendemen minyak sebesar 39,42%. Lebih lanjut estimasi peningkatan genetik pada kedua kebun benih uji keturunan tersebut berkisar antara 4,88 – 10% (kadar 1,8 *cineole*) dan 13,97 – 21% (rendemen minyak). Sementara itu besarnya rendemen dan kadar *cineole* dari pertanaman di Perum Perhutani dan Dinas Kehutanan dan Perkebunan Daerah Istimewa Yogyakarta nilainya lebih rendah (sekitar 0,6-0,8%) dibanding hasil kebun benih.

Untuk mengetahui besarnya peningkatan genetik dari benih unggul yang telah dihasilkan

dari kebun benih maka perlu dilakukan pengujian peningkatan genetik (*genetic gain trial*) secara aktual dalam skala yang luas (Weng et al., 2008). Pembangunan plot uji peningkatan genetik ditujukan sebagai alat verifikasi peningkatan genetik yang diprediksi dari plot uji keturunan sebagai acuan untuk pengembangan dan penanaman benih unggul dalam skala operasional yang lebih luas. Hal ini diperlukan karena prediksi peningkatan genetik yang dihasilkan dari plot uji keturunan menggunakan jumlah *tree-plot* yang sedikit, sehingga hasilnya kurang akurat (Eldridge, Davidson, Harwood, & Van Wyk, 1993).

Penelitian untuk mengetahui peningkatan genetik aktual dari benih unggul hasil pemuliaan tanaman juga telah dilaporkan pada beberapa jenis lainnya, misalnya pada *Acacia mangium* di Kalimantan Selatan dan Jawa Tengah (Nirsatmanto, Setyaji, & Wahyuningtyas, 2014), tanaman karet (Goncalves et al., 2009), *Pseudotsuga menziesii* di Oregon (St. Clair, Mandel, & Jayawickrama, 2004), coastal douglas-fir (Ye, Jayawickrama, & Clair, 2010), *Pseudotsuga menziesii* di Inggris (Stoehr, Bird, Nigh, Woods, & Yanchuk, 2010) dan *Melaleuca alternifolia* (Doran, Baker, Williams, & Southwell, 2006). Plot uji peningkatan genetik pada kayuputih telah dibangun tahun 2007 di 2 lokasi yaitu di Gunungkidul dan Ponorogo. Evaluasi terhadap sifat minyak (kadar 1,8 *cineole* dan rendemen) pada plot uji tersebut perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya peningkatan genetik secara aktual. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya perolahan genetik aktual terhadap sifat minyak secara pada kayuputih hasil pemuliaan generasi pertama dan untuk mengetahui interaksi sumber benih dengan lokasi uji yang berbeda.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan tanaman

Benih kayuputih dari lima sumber benih (dua sumber benih termuliakan, yaitu benih dari kebun benih kayuputih generasi pertama (SSO-

1) di Paliyan dan pohon-pohon superior dari kebun benih generasi pertama (SSO-2), dan tiga sumber benih tidak termuliakan, yaitu tegakan alam di Maluku (ST-1), tegakan di Ponorogo (ST-2) dan Gundih (ST-3) diuji pada plot uji peningkatan genetik kayuputih yang dibangun di dua lokasi, yaitu di Gunungkidul dan Ponorogo. Deskripsi lokasi pembangunan uji disajikan pada Tabel 1.

Plot uji peningkatan genetik kayuputih di Gunungkidul dan Ponorogo dibangun dengan menggunakan rancangan acak lengkap berblok atau *randomised complete block design* (RCBD) yang tersusun dari 5 sumber benih, 20 *tree-plot*, 8 ulangan dengan jarak tanam 3x3 m dan luas masing-masing plot uji adalah 0,72 hektar. Informasi asal benih masing-masing sumber benih disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Deskripsi lokasi pembangunan dan rancangan uji peningkatan genetik

Lokasi	Letak geografis *)	Ketinggian tempat *)	Curah hujan tahunan *)	Tipe Tanah *)	Tahun tanam	Rancangan
Petak 93, Playen Gunung Kidul	7°58'59" LS, 110°30'33" BT	150-200 m dpl	1954 mm/th	Asosiasi mediteran merah dan Grumusol	2007	RCBD, 5 sumber benih, 20 tree-plot 8 ulangan
Petak 41, RPH Sukun, Ponorogo	7°52'21" LS, 111°33'15" BT	260 m dpl	2090 mm/th	Asosiasi mediteran coklat dan grumusol	2007	RCBD, 5 sumber benih, 20 tree-plot 8 ulangan

Keterangan: *) Sumber Gunung Kidul dalam angka 2008 dan 2009; Ponorogo dalam angka 2008 dan 2009

Tabel 2. Sumber benih yang diuji pada plot uji peningkatan genetik di Gunungkidul dan Ponorogo

Kode	Sumber Benih	Keterangan	Letak geografi
SSO-2	Kebun benih F-1 Paliyan, Gunungkidul	Pohon-pohon superior dengan IS > 2,5	7°58'57"LS 110°29'27"BT
SSO-1	Kebun benih F-1 Paliyan, Gunungkidul	Pohon induk benih dengan IS 1,163	7°58'57"LS 110°29'27"BT
ST-1	Tegakan alam di Kep. Maluku	Sumber provenan sebagai basis genetik yang digunakan pada kebun benih F-1 Paliyan, Gunungkidul	1°12' - 3°51' LS 125°58' - 128°48' BT
ST-2	Tegakan benih komersial di Ponorogo	Dibangun dengan menggunakan benih yang tidak dimuliakan	7°52'02"LS 110°32'50" BT
ST-3	Tegakan benih komersial di Gundih	Dibangun dengan menggunakan benih yang tidak dimuliakan	7°11'24"LS 110°54'41" BT

B. Pengumpulan data

Pengukuran terhadap sifat minyak (1,8 *cineole* dan rendemen) tanaman kayuputih pada uji peningkatan genetik dilaksanakan setelah tanaman berumur 2 tahun dengan menggunakan gas kromatografi di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta. Analisa sifat

minyak dilakukan terhadap sampel daun dari semua pohon yang masih hidup di dalam plot uji. Pada setiap pohon, sampel daun diambil dari tajuk bagian atas, tengah dan bawah kemudian dicampur hingga merata. Daun tersebut dikeringanginkan selama 5 hari sebelum dilakukan ekstraksi. Sebanyak ±1 gram daun kayuputih yang telah kering angin kemudian dipotong kecil-kecil, dimasukkan dalam botol

McCartney dan dicampur dengan *extraction solution* (*etanol* dicampur dengan 0,22 % *tetradecane* sebagai standar internal) sampai seluruh daun tercelup, kemudian ditimbang berat aktual *extraction solution* yang dimasukkan. Dalam kondisi botol tertutup, sampel daun dan larutan tersebut dipanaskan dalam *microwave oven* hingga mendidih dan didiamkan selama 3 hari hingga seluruh minyak terekstraksi dari daun (Baker, G. R., Lowe, R. F., & Southwell, 2000). Sebanyak 2 ml larutan tersebut diambil untuk selanjutnya dilakukan analisis dengan gas kromatografi. Sebanyak ± 2 gram daun kayu putih yang identik dengan sampel daun yang diekstraksi tersebut ditimbang dan dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 60°C selama 2 hari. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berat kering daun. Berat kering daun ini digunakan untuk menentukan berat kering sampel daun yang diekstraksi.

Analisis minyak dilakukan dengan menggunakan instrument gas kromatografi / *Gas Chromatography* (GC) merek Shimadzu GC-17A yang dilengkapi dengan *flame ionization detector* (FID) pada 300°C. GC dilengkapi dengan kolom kapiler Altech Heliflex AT-35 (panjang 60 meter dengan diameter 0,25 mm). Kondisi pengoperasian alat adalah sebagai berikut: Gas pembawa Hidrogen mengalir dengan kecepatan 1ml/menit; suhu injector pada 250 °C; suhu detector pada 300°C, temperature kolom pada 60°C (isothermal selama 3 menit) yang akan meningkat 9°C/menit hingga mencapai suhu 240°C (isothermal selama 7 menit); injeksi sebanyak 1 µl larutan minyak; rasio pemisahan 25:1; tekanan kolom pada 100 kpa. Sampel dimuat menggunakan *autosampler* Shimadzu AOC-20i dengan kapasitas 12 vial sampel. GC diintegrasikan dengan printer Zhimadzu C-R8A yang dilengkapi dengan kertas cetak thermal atau kertas fax untuk mencetak kromatogram. Komponen – komponen diidentifikasi dari kromatogram secara manual berdasarkan waktu retensinya (*retention time*) dengan cara membandingkannya dengan referensi standar. Luas area dari masing-masing

komponen tersebut dan total area kemudian dimasukkan dalam Excel Spreadsheet untuk mengetahui konsentrasi minyak (rendemen) dan kadar 1,8 *cineole* dari sampel yang diuji.

C. Analisis data

1. Persen hidup tanaman

Salah satu informasi penting dari suatu plot uji peningkatan genetik adalah persen hidup tanaman. Persen hidup tanaman diukur dengan membagi jumlah tanaman yang hidup dengan jumlah seluruh tanaman yang ditanam pada plot uji dikalikan dengan 100%.

2. Variasi kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak

Data hasil pengukuran sifat minyak dianalisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA). Analisis dilakukan berdasarkan data pada masing-masing lokasi (analisis satu lokasi) dan gabungan data dari semua lokasi (analisis multi lokasi). Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test-DMRT*) untuk membedakan sumber benih berdasarkan rata-rata parameter yang diamati. Model linear dari analisis varians adalah sebagai berikut (Hai, Harwood, Kha, Pinyopusarerk, & Thinh, 2008):

Analisis satu lokasi

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + S_j + E_{ijk} \dots \dots \dots (1)$$

Analisis multi lokasi

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + B_j + S_k + L_i S_k + E_{ijkl} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

- Y_{ijk} = Rerata plot ke-*k* di dalam sumber benih ke-*j* dan ulangan ke-*i*
- Y_{ijkl} = Rerata plot ke-*l* di dalam sumber benih ke-*k*, ulangan ke-*j* dan lokasi ke-*i*
- μ = Rerata umum populasi
- L_i = Pengaruh lokasi ke-*i*
- B_j = Pengaruh ulangan ke-*j*
- S_k = Pengaruh sumber benih ke-*k*
- $L_i S_k$ = Pengaruh interaksi lokasi ke-*i* dan sumber benih ke-*k*
- E_{ijk} = Error atau pengaruh sisa ke-*ijk*
- E_{ijkl} = Error atau pengaruh sisa ke-*ijkl*

3. Peningkatan genetik aktual

Besarnya peningkatan genetik aktual (*realized genetic gain*) benih unggul dari masing-masing kebun benih (SSO-1, SSO-2) terhadap masing-masing sumber benih kontrol (ST-1, ST-2, ST-3) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Wright, Osorio, & Dvorak, 1996)

$$\Delta G = \frac{\bar{x} \text{ termuliakan} - \bar{x} \text{ tak termuliakan}}{\bar{x} \text{ tak termuliakan}} \times 100\%$$

dimana:

ΔG = peningkatan genetik aktual

\bar{x} termuliakan = rerata sumber benih termuliakan (SSO-1 dan SSO-2)

\bar{x} tak termuliakan = rerata sumber benih tidak dimuliakan (ST-1, ST-2 dan ST-3)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persen hidup

Dalam plot uji peningkatan tanaman perlu dihitung besarnya persen hidup yang merupakan suatu nilai yang menunjukkan banyaknya tanaman yang mampu bertahan hidup dan beradaptasi pada lingkungan dimana dilakukan penanaman. Tujuan dari perhitungan persen hidup adalah untuk mengetahui kemampuan adaptasi serta tingkat keberhasilan suatu

pertanaman dari benih unggul yang diuji. Kemampuan untuk bertahan hidup pada lingkungan yang baru sebagai salah satu bentuk adaptasi merupakan mekanisme dari individu untuk menghadapi perubahan lingkungan yang mempengaruhi proses fisiologis dalam dirinya (Lekevicius & Loreau, 2012). Persen hidup tanaman pada uji peningkatan genetik kayu putih pada umur 2 tahun di Gunungkidul dan Ponorogo disajikan pada Tabel 3. Persen hidup tanaman pada uji peningkatan genetik di Gunungkidul lebih tinggi dibandingkan dengan di Ponorogo. Benih unggul dari kebun benih di Paliyan (*bulk*) menghasilkan persen hidup tanaman yang paling baik di Gunungkidul. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kebun benih kayuputih di Paliyan terletak pada lokasi yang berdekatan dengan plot uji peningkatan genetik sehingga memiliki daya adaptasi yang lebih baik pada kondisi lingkungan yang sama. Nirsatmanto et al., (2014) menyebutkan bahwa persen hidup tanaman yang tinggi memberikan keuntungan yaitu pendugaan efek sumber benih terhadap peningkatan produktivitas tegakan menjadi lebih akurat.

Tabel 3. Persen hidup tanaman uji peningkatan genetik kayuputih umur 2 tahun di Gunungkidul dan Ponorogo

Sumber Benih	Persen hidup tanaman (%)	
	Gunungkidul	Ponorogo
SSO-2	81,88	79,37
SSO-1	92,50	76,87
ST-1	89,38	90,00
ST-2	91,88	80,62
ST-3	86,25	81,87
Rata-rata	88,37	81,75

Secara umum tanaman pada kedua lokasi uji peningkatan genetik menunjukkan persen hidup yang cukup tinggi (>80%). Hal ini memberikan indikasi bahwa sumber benih yang diuji dapat beradaptasi dengan baik pada kedua

lokasi tersebut. Daya adaptasi yang tinggi pada tanaman memberikan kemudahan dalam mengembangkan tanaman pada lingkungan yang berbeda (Kalske, Muola, Laukkanen, Mutikainen, & Leimu, 2012).

B. Variasi kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak

1. Analisis satu lokasi

Hasil analisis satu lokasi menunjukkan bahwa sumber benih tidak berpengaruh nyata terhadap kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak di kedua lokasi uji pada taraf uji 5% ($p>0.05$). Namun demikian nilai rerata sumber benih yang dimuliakan lebih baik dibandingkan yang tidak

dimuliakan di kedua lokasi baik untuk kadar 1,8 *cineole* maupun rendemen, kecuali SSO-1 pada sifat kadar 1,8 *cineole* di plot uji Gunungkidul (Tabel 4). Secara umum, nilai rata-rata yang lebih baik pada sumber benih termuliakan mengindikasikan bahwa seleksi yang dilakukan pada program pemuliaan sudah tepat sehingga rata-rata peningkatan rendemen dan kadar 1,8 *cineole* lebih baik.

Tabel 4. Rerata kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak pada uji peningkatan genetik kayuputih umur 2 tahun di Gunungkidul dan Ponorogo

Sumber Benih	Kadar 1,8 <i> cineole </i> (%)		Rendemen minyak (W mg/ODW g)	
	Gunungkidul	Ponorogo	Gunungkidul	Ponorogo
SSO-2	42,9	43,8	52,4	51,6
SSO-1	38,4	39,3	52,9	46,1
ST-1	40,1	36,0	44,6	42,6
ST-2	38,9	36,7	44,6	45,3
ST-3	36,8	36,9	40,1	42,1

Rendahnya kadar 1,8 *cineole* SSO-1 di Gunungkidul diduga karena secara umum pertumbuhan tanaman pada plot uji peningkatan genetik di Gunungkidul lebih rendah jika dibandingkan dengan di Ponorogo (Taufik, 2010). Proses seleksi yang telah dilakukan pada SSO-1 menggunakan 2 tahap seleksi, yaitu seleksi awal berdasarkan pertumbuhan dan seleksi akhir menggunakan analisis sifat minyak (kadar 1,8 *cineole*). Dengan demikian, pohon-pohon yang pertumbuhannya bagus diduga berpotensi untuk menghasilkan kadar 1,8 *cineole* yang tinggi.

Kebun Benih Kayuputih F-1 Paliyan tersusun dari pohon-pohon terseleksi yang berasal dari 10 provenan sebaran alam yang luas meliputi Buru, Seram, Ambon, Northern Australia dan Western Australia (Doran et al.,

1998) sehingga diyakini lebih beragam susunan genetiknya dan sedikit benih hasil perkawinan sendiri. Hal ini akan memberikan dampak positif bahwa benih yang dihasilkan dari kebun benih ini akan memiliki kualitas yang baik dan kadar 1,8- *cineole* dan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber benih yang belum dimuliakan. Walaupun tegakan alam di Kepulauan Maluku yang digunakan sebagai kontrol di sini kemungkinan memiliki keragaman genetik yang luas namun diduga terjadinya kawin kerabat juga akan lebih tinggi. Selain itu seleksi terhadap pohon-pohon induk juga tidak dilakukan. Sementara untuk benih dari tegakan benih di Gundih dan Ponorogo diyakini berasal tegakan alam yang tidak terseleksi di Pulau Buru yang diintroduksi ke Pulau Jawa pada tahun 1926 (Doran et al., 1998).

2. Analisis multi lokasi

Tabel 5. Analisis varians multi lokasi terhadap kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak pada uji peningkatan genetik kayuputih umur 2 tahun

Sumber Variasi	Db	Pr>F	
		Kadar 1,8 <i>Cineole</i>	Rendemen Minyak
Lokasi	1	0,4191 ns	0,4446 ns
Blok	7	0,8846 ns	0,4937 ns
Sumber benih	4	0,0034 *	0,0019 *
Lokasi x Sumber benih	4	0,4983 ns	0,5899 ns
Error	63		

Keterangan: * = berbeda nyata pada taraf uji 5%
ns = tidak berbeda nyata

Hasil analisis varians multi lokasi menunjukkan bahwa sumber benih berpengaruh terhadap sifat minyak (kadar 1,8 *cineole* dan rendemen) yang dihasilkan. Sementara interaksi antara sumber benih dengan lokasi tidak berpengaruh nyata terhadap sifat minyak kayuputih (Tabel 5). Hal ini memberikan indikasi bahwa untuk sifat minyak cenderung konsisten pada lokasi yang berbeda dan faktor genetik berperan penting dalam menentukan sifat minyak kayuputih dibandingkan dengan faktor lingkungan. Hal ini sejalan dengan Susanto (2008) yang menyatakan bahwa sifat minyak kayuputih dikontrol oleh faktor genetik. Hal yang sama juga terjadi pada *M. alternifolia*, *M. linariifolia* dan jenis-jenis ekaliptus dimana konsentrasi dan komposisi minyak dikontrol secara kuat oleh faktor genetik (Doran, 2002; Shelton et al., 2002).

Untuk melihat rangking sumber benih yang berpengaruh terhadap kadar 1,8 *cineole* dan rendemen maka dilakukan uji lanjut (*DMRT*) sebagaimana disajikan pada Tabel 6. Rata-ratakadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak yang tertinggi ditunjukkan oleh SSO-2, yaitu benih unggul dari pohon-pohon superior dari SSO-1. Sementara rata-rata terendah dimiliki oleh benih dari sumber benih tegakan tanaman di Gundih. Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa benih unggul dari kebun benih kayuputih di Paliyan merupakan sumber benih yang dapat direkomendasikan untuk pengembangan pada

lokasi di Gunungkidul dan Ponorogo dengan peningkatan genetik yang stabil.

C. Peningkatan genetik aktual

Dalam upaya pemuliaan kayuputih, sifat minyak memiliki bobot ekonomi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sifat pertumbuhan (tinggi dan diameter). Oleh karena itu, kedua sifat tersebut menjadi tolok ukur utama dalam keberhasilan peningkatan produktivitas tanaman kayuputih melalui penggunaan benih unggul. Besarnya peningkatan genetik aktual benih unggul yang dihasilkan dari dua kebun benih disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan bahwa terdapat nilai peningkatan genetik yang positif untuk sifat kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak pada dua kebun benih yang diuji (SSO-1 dan SSO-2). Benih unggul dari SSO-2 memberikan nilai peningkatan genetik aktual yang lebih tinggi dibandingkan benih unggul dari SSO-1 pada semua parameter yang diamati yaitu rata-rata sebesar 11,87% untuk kadar 1,8 *cineole* dan 5,8% untuk rendemen. Hal ini karena benih unggul dari SSO-2 dikoleksi dari individu-individu superior dari famili-famili terbaik yang diseleksi berdasarkan sifat kadar 1,8 *cineole* maupun rendemen. Peningkatan genetik pada SSO-1 dan SSO-2 berkaitan dengan intensitas seleksi yang dilakukan pada kebun benih tersebut. Pada kebun benih kayuputih generasi 1 (SSO-1) dibangun dari uji keturunan yang diseleksi dengan menggunakan intensitas seleksi

sebesar 1,163 dan pada SSO-2 menggunakan intensitas seleksi di atas 2,5. Peningkatan intensitas seleksi ini berdampak terhadap

peningkatan peningkatan genetik, Semakin tinggi intensitas seleksi yang digunakan maka peningkatan genetik akan semakin besar.

Tabel 6. Hasil uji DMRT terhadap 5 sumber benih di kedua lokasi plot uji peningkatan genetik kayuputih umur 2 tahun

Sumber Benih	Ranking hasil uji DMRT	
	Kadar 1,8 <i>cineole</i> (%)	Rendemen minyak (W mg/ODW g)
SSO-2	43,34 ^a	52,00 ^a
SSO-1	38,88 ^b	49,48 ^{ab}
ST-1	38,09 ^b	43,61 ^{bc}
ST-2	37,82 ^b	44,92 ^{bc}
ST-3	36,89 ^b	41,13 ^c

Tabel 7. Tabel peningkatan genetik yang sebenarnya kayuputih umur 2 tahun di dua lokasi

Sumber benih	Rata-rata kadar 1,8 <i>cineole</i> (%)	Peningkatan genetik aktual (ΔG) (%)		
		1*	2**	3***
SSO-2	43,34	13,78	14,60	17,52
SSO-1	38,88	2,07	2,80	5,42
ST-1	38,09		0,27	-1,21
ST-2	37,82			
ST-3	36,88			
	Rendemen minyak (W mg/ODW g)			
SSO-2	52,00	19,24	15,76	26,43
SSO-1	49,48	13,46	10,15	20,30
ST-1	43,61		-1,31	2,48
ST-2	44,92			
ST-3	41,13			

Keterangan : * =besarnya peningkatan genetik sumber benih dimaksud terhadap ST-1
** =besarnya peningkatan genetik sumber benih dimaksud terhadap ST-2
***=besarnya peningkatan genetik sumber benih dimaksud terhadap ST-3

Tegakan alam provenan dari kepulauan Maluku memiliki kontribusi yang besar terhadap peningkatan genetik dari kebun benih generasi pertama. Basis genetik dari pulau Buru, Seram dan Ambon memiliki potensi genetik yang unggul dalam sifat minyak. Hal ini tercermin dari peningkatan genetik aktual pada kadar 1,8 *cineole* dan rendemen tegakan alam di Maluku terhadap tegakan alam di Gundih masing-masing sebesar 1,21% dan 2,48%. Proses seleksi yang dilakukan pada provenan Maluku yang pada dasarnya telah memiliki potensi sifat minyak yang unggul semakin meningkatkan kontribusi

provenan ini secara nyata terhadap peningkatan genetik.

Rendemen minyak merupakan parameter yang sangat penting dalam industri kayuputih, karena rendemen minyak akan menentukan laba-rugi industri minyak kayuputih (Astana, 2005). Peningkatan genetik yang terjadi pada sifat kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak menunjukkan bahwa benih unggul hasil program pemuliaan yang dilakukan ini terbukti memberikan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan benih yang belum termuliakan yang selama ini digunakan dalam pembangunan hutan tanaman

kayuputih. Untuk itu dalam rangka meningkatkan produktivitas minyak kayuputih, maka perlu dilakukan peremajaan tanaman yang ada saat ini dengan menggunakan benih unggul dari SSO-1 maupun SSO-2 yang berada di Paliyan. Peningkatan produktivitas kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak ini akan berpengaruh langsung terhadap peningkatan produksi minyak kayuputih yang pada akhirnya akan mampu meningkatkan keuntungan secara ekonomi.

Tujuan pembangunan plot uji peningkatan genetik adalah sebagai verifikasi peningkatan genetik dari masing-masing sumber benih yang telah dimuliakan terhadap sumber benih yang tidak dimuliakan. Hasil verifikasi tersebut sebagai bahan pertimbangan pada program pemuliaan selanjutnya serta sebagai materi dalam melakukan pengembangan jenis kayuputih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara nilai prediksi peningkatan genetik dengan nilai peningkatan genetik aktual (Tabel 7). Prediksi peningkatan genetik menunjukkan hasil yang lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan genetik aktual yaitu 7,93% lebih besar untuk kadar 1,8 *cineole* dan 7,54% untuk rendemen. Menurut Apiolaza (2014) menyebutkan bahwa prediksi peningkatan genetik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain intensitas seleksi dan varian genetik aditif. Namun demikian dalam penelitian ini menggunakan intensitas seleksi yang sama

dengan intensitas seleksi ketika mengevaluasi prediksi peningkatan genetik. Perbedaan ini dapat disebabkan karena prediksi peningkatan genetik menggunakan seleksi yang independen (satu sifat) sehingga antara sifat kadar 1,8 *cineole* dan rendemen dilakukan secara terpisah. Dalam kenyataan di lapangan, pemanenan benih hasil penyerbukan alam dilakukan terhadap semua pohon-pohon hasil seleksi dari kedua sifat tersebut. Di sisi lain, terdapat korelasi yang negatif antara kadar 1,8 *cineole* dan rendemen minyak sehingga memungkinkan terjadinya penurunan peningkatan genetik.

Selain itu besarnya peningkatan genetik secara aktual dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah kontaminasi polen dari luar, sinkroni pembungaan di kebun benih serta tingkat fertilitas pohon di kebun benih (Weng et al, 2008; Prescher, 2007). Kontaminasi polen dari luar kebun benih menyebabkan terjadinya penurunan kualitas genetik karena polen dari luar kebun benih berasal dari materi genetik yang belum dimuliakan. Pembungaan di kebun benih yang bervariasi menyebabkan tidak terjadinya perkawinan secara random sehingga rekombinan gen yang dihasilkan tidak maksimal dan keragaman genetik menurun. Tingkat infertilitas yang bervariasi di kebun benih menyebabkan adanya dominasi famili-famili tertentu sehingga peningkatan genetik yang telah diprediksi dari uji keturunan dapat berubah (Varghese, Kamalakannan, Nicodemus, & Lindgren, 2008).

Tabel 8. Perbandingan nilai peningkatan genetik (ΔG) aktual dan nilai prediksi peningkatan genetik (ΔG) sifat minyak dari kebun benih uji keturunan generasi pertama kayuputih di Paliyan

Sifat	ΔG Aktual (%)	ΔG prediksi (%) ^{*)}
Kadar 1,8 <i>cineole</i>	2,07-17,52	10
Rendemen minyak	10,15-26,43	21

Keterangan: ^{*)} sumber dari Susanto et al. (2008)

Prediksi peningkatan genetik dari uji keturunan yang dihitung berdasarkan nilai heritabilitas dan indeks seleksi diasumsikan bahwa semua individu yang terpilih dapat berkontribusi menghasilkan benih. Sementara

kondisi di kebun benih tidak selalu demikian, sehingga hal ini menyebabkan perubahan peningkatan genetik. Analisis secara kuantitatif terhadap bias antara prediksi peningkatan genetik dan peningkatan genetik secara aktual dilaporkan

oleh Viana, Faria, dan Silva (2009). Lebih lanjut disebutkan bahwa penggunaan nilai varian genotype atau heritabilitas dalam arti sempit (*narrow sense heritability*) dalam memprediksi peningkatan genetik disinyalir merupakan sumber terjadinya bias, sedangkan penggunaan varian aditif dan heritabilitas arti luas menghasilkan bias yang lebih kecil. Perbedaan nilai peningkatan genetik aktual dengan hasil nilai prediksi juga ditemukan pada jenis tanaman lain seperti *A. mangium* di Kalimantan Selatan dan Jawa Tengah (Nirsatmanto et al., 2014), *Pseudotsuga menziesii* di Oregon (St. Clair et al., 2004; Ye et al., 2010), *Pseudotsuga menziesii* di Inggris, (Stoehr et al., 2010) dan pada tanaman *Melaleuca alternifolia* (Doran et al., 2006)

Sebagai implikasi dari informasi yang diperoleh dalam penelitian ini adalah bahwa pada sumber benih dari tegakan alam di Maluku dan Ponorogo terdapat individu-individu yang potensial dalam sifat minyak sehingga rata-rata sifat minyak pada sumber benih tersebut tinggi. Pemanfaatan individu yang potensial dari kedua populasi ini dapat dipertimbangkan untuk program pemuliaan selanjutnya. Benih campuran dari kebun benih kayuputih generasi pertama di Paliyan Gunungkidul memiliki potensi yang lebih tinggi untuk peningkatan rendemen. Sedangkan benih dari pohon-pohon superior di kebun benih Paliyan berpotensi terhadap peningkatan genetik pada kadar 1,8 *cineole*. Secara umum benih dari kebun benih Paliyan dapat dikembangkan di Gunungkidul dan Ponorogo dan menghasilkan peningkatan genetik yang stabil dikedua lokasi

IV. KESIMPULAN

Hasil uji peningkatan genetik umur 2 tahun membuktikan bahwa benih unggul kayuputih dari kebun benih generasi pertama (F-1) di Paliyan memberikan nilai peningkatan genetik aktual yang positif yaitu sebesar $\pm 9\%$ pada kadar 1,8 *cineole* dan $\pm 17\%$ pada rendemen minyak. Peningkatan intensitas seleksi dari ± 1 sampai dengan $\pm 2,5$ pada kebun benih generasi

pertama di Paliyan ini mampu meningkatkan nilai peningkatan genetik aktual $\pm 12\%$ lebih besar untuk kadar 1,8 *cineole* dan $\pm 6\%$ lebih besar untuk rendemen. Pemilihan provenan (populasi) Maluku sebagai basis genetik dari kebun Paliyan memberikan kontribusi total peroleh genetik aktual 2% dibandingkan dengan populasi tanaman kayuputih yang ada saat ini di Ponorogo maupun di Gundi. Interaksi sumber benih x lokasi penanaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata sehingga benih unggul kayuputih dari kebun benih Paliyan ini dapat dikembangkan pada lokasi tanaman di Ponorogo dan Gunungkidul dengan peningkatan produktivitas yang stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tim Peneliti pemuliaan kayuputih di BBPPBPTH, kepada Bapak Sukijan, Ibu Alin Maryanti dan Nur Taufik yang telah membantu dalam pengambilan sampel daun di lapangan dan analisis gas kromatografi di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Apiolaza, L. A. (2014). Linking changes to breeding objectives and genetic evaluation to genetic gain in New Zealand. *New Forests*, 45(3), 439–448.
<http://doi.org/10.1051/forest/2009047>
- Astana, S. (2005). Analisis kelayakan finansial usaha budidaya dan penyulingan kayuputih skala rakyat. Dalam *Temu Lapang Puslit Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan dan Dinas Kehutanan Propinsi Jawa Tengah di Semarang*.
- Badan Pusat Statistik. (2008). Kabupaten Gunungkidul dalam angka. Gunungkidul
- Badan Pusat Statistik. (2009). Kabupaten Gunungkidul dalam angka. Gunungkidul
- Baker, G. R., Lowe, R. F., & Southwell, I. A. (2000). Comparison of Oil Recovered From Tea Tree Leaf by Ethanol Extraction and Steam Distillation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4041–4043.
- Craven, L. A., & Barlow. B. (1997). New taxa and new combinations in *Melaleuca* (Myrtaceae). *Novon*, 7, 113–119.

- Doran, J.C., Rimbawanto, A., Gunn, B. V., & Nirsatmanto, A. (1998). *Breeding Plan for Melaleuca cajuputi subsp. cajuputi in Indonesia*. Yogyakarta. Indonesia: CSIRO Forestry and Forest Product. Australia Tree Seed Centre and Forest Tree Improvement Research and Development Institute.
- Doran, J. C. (2002). *Genetic improvement of eucalypts: with special reference to oil-bearing species*. In Coppen, J. J. W. (Ed.). *Eucalyptus: The Genus Eucalyptus*, (J. J. W. Coppen, Ed.). London: Taylor & Francis, London.
- Doran, J. C., Baker, G. R., Williams, E. R., & Southwell, I. A. (2006). Genetic gains in oil yields after nine years of breeding *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 1521–1527.
- Eldridge, K. ., Davidson, J., Harwood, C. ., & Van Wyk, G. (1993). *Eucalypts Domestication and Breeding*. Oxford: Clarendon Press.
- Goncalves, P. de S., da Eira Aguiar, A. T., da Costa, R. B., Piffer Goncalves, E. C., Scaloppi Junior, E. J., & Ferraz Branco, R. B. (2009). Genetic Variation and Realized Genetic Gain From Rubber Tree Improvement. *Scientia Agricola*, 66(1), 44–51. <http://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100006>
- Hai, P. H., Harwood, C., Kha, L. D., Pinyopusarer, K., & Thinh, H. H. (2008). Genetic gain from breeding *Acacia auriculiformis* in Vietnam. *Journal of Tropical Forest Science*, 20(4), 313–327.
- Kalske, A., Muola, A., Laukkanen, L., Mutikainen, P., & Leimu, R. (2012). Variation and constraints of local adaptation of a long-lived plant. its pollinators and specialist herbivores. *Journal of Ecology*, 100(6), 1359–1372. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2012.02008.x>
- Lekevicius, E., & Loreau, M. (2012). Adaptability and functional stability in forest ecosystems: a hierarchical conceptual framework. *Ekologija*, 58(4), 391–404. <http://doi.org/10.6001/ekologija.v58i4.2608>
- Nirsatmanto, A., Setyaji, T., & Wahyuningtyas, R. S. (2014). Realized genetic gain and seed source x site interaction on stand volume productivity of *Acacia mangium*. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 2013, 21–32.
- Prescher, F. (2007). *Seed Orchards – Genetic Considerations on Function, Management and Seed Procurement*. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Sivistria.
- Shelton, D., Aitken, K., Doimo, L., Leach, D., Baverstock, P., & Henry, R. (2002). Genetic control of monoterpene composition in the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Cheel). *Theoretical and Applied Genetics*, 105(2/3), 377–383.
- St, Clair, J. B., Mandel, N. L., & Jayawickrama, K. J. S. (2004). Early realized genetic gains for coastal Douglas-fir in the northern Oregon Cascades. *Western Journal of Applied Forestry*, 19(3), 195–201.
- Stoehr, M., Bird, K., Nigh, G., Woods, J., & Yanchuk, A. (2010). Realized genetic gains in coastal douglas-fir in british columbia: Implications for growth and yield projections. *Silvae Genetica*, 59(5), 223–233.
- Susanto, M. (2008), Analisis Komponen Varian Uji Keturunan *Melaleuca cajuputi* subsp. cajuputi di Paliyan, Gunungkidul. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 5(1).
- Susanto, M., Doran, J., Arnold, R., & Rimbawanto, A. (2003). Genetic Variation in Growth and Oil Characteristic of *Melaleuca* Subsp. and Potential Fr Genetic Improvement. *Journal of Tropical Forest Science*, 15(3), 469–482.
- Susanto, M., Rimbawanto, A., Prastyono, & Kartikawati, N.K. (2008). Peningkatan Genetik Pada Pemuliaan Genetik *Melaleuca cajuputi* subsp cajuputi. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 2(2), 1–10.
- Taufik, N. (2010). Evaluasi Uji Perolehan Genetik kayuputih (*Melaleuca cajuputi* subsp. cajuputi Powell) sampai dengan umur 2 tahun di Gunungkidul dan Ponorogo, *Skripsi S1 Fakultas Kehutanan UGM*, Yogyakarta, Indonesia.
- Varghese, M., Kamalakannan, R., Nicodemus, A., & Lindgren, D. (2008). Fertility variation and its impact on seed crops in seed production areas and a natural stand of teak in southern India. *Euphytica*, 160(1), 131–141. <http://doi.org/10.1007/s10681-007-9591-3>
- Viana, J. M., Faria, V., & Silva, A. (2009). Bias in the prediction of genetic gain due to mass and half-sib selection in random mating populations. *Genet. Mol. Biol.*, 32(3), <http://doi.org/10.1590/S1415-47572009005000064>
- Weng, Y. H., Tosh, K., Adam, G., Fullarton, M. S., Norfolk, C., & Park, Y. S. (2008). Realized genetic gains observed in a first generation seedling seed orchard for jack pine in New Brunswick, Canada. *New Forests*, 36(3), 285–298. <http://doi.org/10.1007/s11056-008-9100-0>

- Wright, J. A., Osorio, L. F., & Dvorak. (1996). Realized and Predicted Genetic Gain in The *Pinus patula* Breeding Program of Smurfit Carton de Colombia. *South African Forestry Journal*, 175, 19–22.
- Ye, T. Z., Jayawickrama, K. J. S., & Clair, J. B. S. T. (2010). Realized gains from block-plot coastal douglas-fir trials in the northern oregon cascades. *Silvae Genetica*, 59(1), 29–39.