

**KERAGAMAN GENETIK DAN PERMUDAAN ALAM PUSPA
(*Schima wallichii* (DC.) Korth.) DI TAMAN NASIONAL GUNUNG MERAPI
PASCA ERUPSI TAHUN 2010**

*Genetic diversity and natural regeneration of Schima wallichii (DC.) Korth.
in Gunung Merapi National Park post merapi eruption 2010*

Bangun Baramantya¹, Sapto Indrioko², Lies Rahayu Wijayanti Faida², Yayan Hadiyan³

¹Taman Nasional Gunung Merapi
Jl. Kaliurang Km 22, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
email: bangunbaramantya@gmail.com

²Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada

Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

³Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Tanggal diterima: 18 Januari 2016, Tanggal direvisi: 16 Juni 2016, Disetujui terbit: 15 Desember 2016

ABSTRACT

Schima wallichii (DC.) Korth. (puspa) is a native vegetation of Gunung Merapi National Park (GMNP). This species has an important function for soil and water conservation in GMNP area, especially in the area with high slope. Puspa is also one of prioritised species planted in the forest ecosystem restoration project of GMNP after 2010 volcano eruption. Information on genetic diversity and natural regeneration potential of each puspa stand groups is then very essential for the success of forest ecosystem restoration in GMNP. Genetic diversity parameters of puspa is assessed by isozyme analysis, while its natural regeneration is evaluated by vegetation analysis. Selection of samples on stand groups of puspa for genetic diversity and natural regeneration analysis is based on levels of vegetation damage (low and moderate) and the planting plots of ecosystem restoration area. The results showed that the stands with low damage level located at Gunung Malang and Mriyan have higher genetic diversity than those with moderate damage level (Balerante and Tlogolele). Stand with the highest genetic diversity is Gunung Malang, with the mean observed heterozygosity (H_o) of 0.284 and minimum fixation index value (F_{IS}) of 0.0508. Stand in the Ecosystem Restoration Demonstration Plot has the lowest level of genetic diversity ($H_o = 0.1936$; $F_{IS} = 0.1127$). Regarding natural regeneration potential, the stand group of Gunung Malang is the highest.

Keywords: *Schima wallichii*, puspa, genetic variation, regeneration, restoration

ABSTRAK

Puspa (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) merupakan salah satu jenis tumbuhan khas pegunungan yang terdapat di kawasan Taman Nasional Gunung Merapi (TNGM). Jenis tersebut memiliki fungsi yang penting untuk konservasi tanah dan air, khususnya pada areal dengan topografi curam di kawasan TNGM. Selain itu, puspa juga merupakan salah satu jenis prioritas dalam kegiatan restorasi ekosistem TNGM pascaerupsi Merapi tahun 2010. Informasi mengenai keragaman genetik dan potensi permudaan alam kelompok-kelompok tegakan puspa di kawasan tersebut sangat bermanfaat untuk mendukung keberhasilan program restorasi di masa mendatang. Penilaian parameter keragaman genetik telah dilakukan melalui analisis isozim, sedangkan permudaan alam dievaluasi melalui analisis vegetasi. Pemilihan sampel untuk analisis keragaman genetik dan potensi permudaan alam dilakukan pada kelompok tegakan puspa berdasarkan tingkat kerusakan vegetasi (ringan dan sedang) dan tegakan hasil penanaman di area demplot restorasi ekosistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegakan dengan tingkat kerusakan ringan berlokasi di Gunung Malang dan Mriyan memiliki keragaman genetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok tegakan dengan kerusakan sedang (Telogolele dan Balerante). Keragaman genetik tertinggi terdapat pada tegakan Gunung Malang, dengan nilai rata-rata heterozigositas observasi (H_o) sebesar 0,2843 dan nilai Indeks Fiksasi (F_{IS}) yang mendekati 0 (0,0508). Kelompok tegakan yang memiliki keragaman genetik paling rendah adalah Demplot Restorasi Ekosistem, dengan nilai rata-rata $H_o = 0,1936$ dan $F_{IS} = 0,1127$. Terkait dengan permudaan alam, kelompok tegakan puspa di Gunung Malang memiliki potensi yang paling tinggi.

Kata kunci: *Schima wallichii*, puspa, keragaman genetik, permudaan, restorasi

I. PENDAHULUAN

Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 telah mengakibatkan gangguan ekosistem dan merusak beberapa tegakan species endemik di areal Taman Nasional Gunung Merapi (TNGM). Kawasan yang terdegradasi mencapai \pm 2450 ha, dengan tingkat kerusakan vegetasi yang bervariasi (BTNGM, 2011). Hasil survey potensi tumbuhan menunjukkan bahwa di dalam kawasan TN Gunung Merapi ditemukan \pm 154 jenis tumbuhan (BTNGM, 2016). Salah satu tegakan species khas Gunung Merapi yang terdampak oleh erupsi tersebut adalah puspa (*Schima wallichii* (DC.) Korth). Menurut Van Steenis (2006), sub spesies yang tersebar luas di Pulau Jawa adalah *Schima wallichii* (DC.) Korth. ssp. *Noronhae* Bloemb. Puspa merupakan jenis tumbuhan yang banyak digunakan untuk rehabilitasi hutan dan lahan karena peranannya dalam mengendalikan erosi serta untuk tujuan konservasi tanah dan air (Orwa, Mutua, Kindt, Jamnadass, & Anthony, 2009). Oleh karena itu, tanaman tersebut juga digunakan dalam kegiatan restorasi ekosistem Gunung Merapi pasca erupsi.

Merapi sebagai gunung berapi aktif, sebagaimana dilaporkan Sutomo (2013) setidaknya telah mengalami 83 kali letusan, berpeluang menjadi penyebab periodik adanya kerusakan ekosistem. Erupsi tersebut juga dapat secara langsung berdampak pada kerusakan permudaan dan merubah ukuran populasi puspa di TNGM. Akibatnya dinamika pertumbuhan kelompok tegakan puspa terganggu dan juga timbulnya damparan genetik (*genetic drift*) serta penurunan tingkat keragamannya. Oleh karena itu, informasi mengenai keragaman genetik dan potensi permudaan puspa menjadi sangat penting diketahui untuk mendukung keberhasilan restorasi ekosistem kawasan TNGM karena terkait dengan kemampuan adaptasi. Menurut Thomas et al., (2014), Bibit tanaman yang kurang sesuai dengan kondisi lingkungan area restorasi ekosistem dan teknik silvikultur yang

tidak tepat merupakan penyebab kegagalan beberapa kegiatan restorasi ekosistem.

Penelitian telah dilakukan untuk mengetahui keragaman genetik dan potensi permudaan alam kelompok-kelompok tegakan puspa pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahapan, yaitu pengambilan data lapangan di kawasan TNGM dan analisis keragaman genetik di Laboratorium Pemuliaan Pohon Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Inventarisasi permudaan alam dilakukan di Tlogolele, Mriyan, Balerante dan Gunung Malang, sedangkan pengambilan sampel daun untuk analisis keragaman genetik dilakukan selain di 4 lokasi tersebut di atas, juga di Demplot Restorasi Ekosistem Kalikuning. Pelaksanaan penelitian dilakukan bulan Mei - Juni 2015.

B. Bahan dan alat penelitian

1. Bahan

Bahan dalam penelitian ini adalah tumbuhan puspa pada tegakan dengan tingkat kerusakan ringan dan sedang di lokasi pasca erupsi tahun 2010, serta tumbuhan puspa yang ditanam melalui kegiatan restorasi ekosistem TNGM. Bahan untuk analisis isozim di laboratorium menggunakan bagian daun dari pohon puspa.

2. Alat

Alat yang digunakan dalam pengambilan data lapangan meliputi : Peta Kawasan Taman Nasional Gunung Merapi, Peta Kerusakan Vegetasi Kawasan Taman Nasional Gunung Merapi Pascaerupsi Merapi Tahun 2010, alat tulis, *tally sheet*, *rollmeter*, GPS (*Global Positioning System*), kamera digital dan software ArcGIS 10.1. Peralatan yang digunakan dalam pengambilan sampel untuk analisis isozim meliputi gunting, plastik klip, kertas label, *ice box*, dan *ice pack*.

C. Metode pengamatan

Survei lapangan dan pemetaan dilakukan untuk mengetahui sebaran kelompok-kelompok tegakan puspa di kawasan TNGM pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010. Pengelompokan tegakan puspa dirancang dengan mengacu pada kriteria kerusakan kawasan menurut BTNGM (2011) yaitu kerusakan ringan (vegetasi relatif utuh pada areal terdampak erupsi), sedang (vegetasi tidak utuh, masih terdapat sisa organ tanaman pada areal terdampak awan panas) dan kerusakan berat (areal terdampak awan panas dan tidak ada vegetasi tersisa). Lokasi kelompok tegakan yang diamati ditetapkan setelah data lapangan ditampalkan (*overlay*) dengan Peta Kerusakan pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010 (Lampiran 1). Selanjutnya pada setiap kelompok tegakan puspa dilakukan pengambilan sampel untuk keperluan analisis keragaman genetik dan analisis vegetasi. Sampel penelitian hanya dipilih pada kawasan dengan tingkat kerusakan ringan dan tingkat kerusakan sedang, sementara pada kawasan dengan tingkat kerusakan berat tidak dilakukan, karena tidak adanya vegetasi target yang tersisa pada kawasan tersebut.

D. Rancangan

Rancangan yang digunakan dalam pengambilan sampel tanaman untuk analisis keragaman genetik puspa mengacu pada *The Centre for Plant Conservation*, yaitu sebanyak 10 – 50 individu per populasi. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 20 individu dari setiap kelompok tegakan yang terbagi kedalam tingkat kerusakan ringan 2 lokasi dan tingkat kerusakan sedang 2 lokasi, dan demplot restorasi ekosistem 1 lokasi. Pemilihan sampel tanaman dilakukan secara acak. Pohon puspa yang diambil sampel daunnya ditandai dan dicatat nomor pohonnya. Menurut Seido (1993) sampel daun yang diambil berupa daun yang masih muda dan diambil dari bagian ujung percabangan.

Metode pengambilan sampel untuk analisis vegetasi pada kelompok tegakan puspa dilakukan dengan kombinasi jalur dan garis berpetak. Ukuran petak ukur (PU) yang digunakan yaitu: 20 m x 20 m untuk tingkat pohon, 10 m x 10 m untuk tingkat tiang, 5 m x 5 m untuk tingkat sapihan dan 2m x 2 m untuk tingkat semai. Intensitas sampling yang digunakan sebesar 5%, sehingga jumlah plot yang dibuat pada masing-masing kelompok tegakan berkisar antara 5 – 6 plot.

Tabel 1. Luas Masing-masing Kelompok Tegakan dan Jumlah Petak Ukur

Kelompok Tegakan	Tingkat Kerusakan	Luas (ha)	Jumlah Petak Ukur
Gunung Malang	Ringan	4,32	5
Mriyan	Ringan	4,95	5
Balerante	Sedang	0,38	6
Tlogolele	Sedang	3,36	5

Catatan : Kondisi riil fisik kawasan kelompok tegakan Balerante di dominasi oleh *Acacia deccuren* sehingga hanya dijumpai sedikit puspa. Oleh karena itu, ketika Petak Ukur dibuat pada kelompok tegakan dengan luas 0,38 ha (IS 5%), sample diperoleh setelah dibuat PU ke-6.

Luas masing-masing kelompok tegakan dan jumlah plot yang dibuat, dapat dilihat pada Tabel 1.

E. Analisis data

1. Analisis keragaman genetik

Penentuan pola keragaman genetik

kelompok tegakan puspa dilakukan dengan analisis isozim secara bertahap dengan mengikuti prosedur elektroforesis gel polyacrilamide vertikal (Seido, 1993). Referensi hasil penelitian keragaman genetik terkait puspa sangat terbatas, sehingga analisis isozim dilakukan dengan pengujian awal menggunakan 6 sistem enzim

yaitu : EST (*Esterase*), DIA (*Diaphorase*), POD (*Peroxidase*), 6-PG (*6-Phosphogluconate Dehydrogenase*), SHD (*Shikimate Dehydrogenase*) dan GOT (*Glutamate Oxaloacetate Transaminase*).

Beberapa parameter keragaman genetik yang dihitung meliputi : Persentase Lokus Polimorfik (PLP), Rerata Jumlah Alel per Lokus (A/L), Jumlah Alel Efektif per Lokus (v), Heterozigositas Observasi (H_o), Heterozigositas Harapan (H_e) dan Indeks Fiksasi (FIS).

2. Analisis vegetasi

Analisis vegetasi tumbuhan puspa dilakukan untuk mengetahui potensi permudaan alam dari masing-masing kelompok tegakan puspa. Penghitungan jumlah individu puspa dilakukan pada masing-masing tingkatan pertumbuhan, yaitu: semai (*seedling*), sapihan (*sapling*), tiang (*pole*) dan pohon (*tree*). Kriteria untuk tingkatan pertumbuhan yang diamati pada masing-masing petak ukur didasarkan sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia sebagai berikut (Kehutanan, 1993):

- semai: tumbuhan berkayu yang mempunyai tinggi kurang dari 1,5 m;
- sapihan: tumbuhan berkayu yang mempunyai tinggi lebih dari 1,5 m dan memiliki diameter batang kurang dari 10 cm;
- tiang: tumbuhan berkayu yang memiliki diameter batang antara 10 – 20 cm;
- pohon: tumbuhan berkayu yang memiliki diameter batang lebih dari 20 cm.

Parameter yang dihitung untuk menggambarkan potensi permudaan alam puspa adalah kerapatan (densitas) dan frekuensi pada masing-masing kelompok tegakan puspa.

Kerapatan dan frekuensi puspa pada masing-masing kelompok tegakan dihitung mengacu Randal (1978) sebagai berikut :

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{jumlah individu}}{\text{luas seluruh petak ukur}}$$

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{jumlah petak ukur yang di dalamnya ditemukan}}{\text{jumlah seluruh petak ukur.}}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

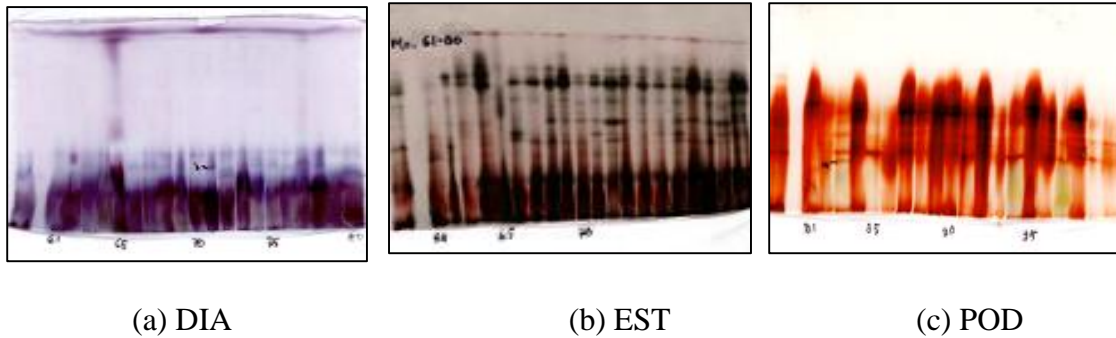
A. Keragaman genetik

1. Interpretasi pola berkas, jumlah lokus dan jumlah alel

Berdasarkan hasil proses elektroforesis terhadap 6 sistem enzim, pola berkas yang dihasilkan dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu: 1) sistem enzim yang menghasilkan pola berkas yang polimorfik dan konsisten (DIA, EST dan POD), 2) sistem enzim yang menghasilkan pola berkas polimorfik namun tidak konsisten (SHD), dan 3) sistem enzim dengan pola berkas yang monomorfik (GOT dan 6PG). Sistem enzim yang digunakan dalam analisis keragaman genetik lebih lanjut adalah sistem enzim dengan pola berkas yang polimorfik dan konsisten, yaitu: DIA, EST dan POD sebagaimana ditunjukkan Gambar 1. Jumlah alel dan kedudukan RF (*relative value to the bromophenol blue front*) untuk masing-masing lokus disajikan Tabel 2.

2. Frekuensi alel

Hasil analisis isozim dan pengamatan gel dengan 3 sistem enzim yang digunakan (Tabel 2) menunjukkan frekuensi dan distribusi penyebaran alel pada 8 lokus polimorfik dari 5 kelompok tegakan puspa (Tabel 3).



Gambar 1. Pola berkas sistem enzim yang bersifat polimorfik dan konsisten

Tabel 2. Jumlah alel dan kedudukan RF masing-masing lokus

Sistem Enzim	Zona	Lokus	Jumlah Alel	RF Masing-masing Alel (%)			
				a	b	c	d
DIA*	<i>Dia-1</i>	<i>Dia-1</i>	2	27	31	-	-
	<i>Dia-2</i>	<i>Dia-2</i>	2	59	64	-	-
EST*	<i>Est-1</i>	-	1	28	-	-	-
	<i>Est-2</i>	<i>Est-1</i>	2	42	46	-	-
	<i>Est-3</i>	<i>Est-2</i>	2	54	57	-	-
	<i>Est-4</i>	<i>Est-3</i>	2	59	65	-	-
	<i>Est-5</i>	<i>Est-4</i>	4	71	73	78	82
GOT	<i>Got-1</i>	-	1	56	-	-	-
POD*	<i>Pod-1</i>	<i>Pod-1</i>	2	20	22	-	-
	<i>Pod-2</i>	<i>Pod-2</i>	2	40	43	-	-
SHD	<i>Shd-1</i>	<i>Shd-1</i>	2	59	64	-	-
PG	<i>6PG-1</i>	-	1	39	-	-	-

Keterangan: *=sistem enzim dengan pola berkas polimorfik dan konsisten

Tabel 3. Frekuensi dan distribusi penyebaran alel pada masing-masing kelompok tegakan

Lokus	Alel	Kelompok Tegakan				
		Tlogolele	Balerante	Gunung Malang	Mriyan	Demplot Restorasi
<i>Dia-1</i>	a	0,7857	0,6579	0,4118	0,8000	0,8462
	b	0,2143	0,3421	0,5882	0,2000	0,1538
<i>Dia-2</i>	a	0,3889	0,0250*	0,0250*	0,3500	0,0500*
	b	0,6111	0,9750	0,9750	0,6500	0,9500
<i>Est-1</i>	a	0,8500	0,7941	0,5625	0,7105	0,8421
	b	0,1500	0,2059	0,4375	0,2895	0,1579
<i>Est-2</i>	a	0,8500	0,8500	0,9722	0,9333	1,0000
	b	0,1500	0,1500	0,0278*	0,0667*	0,0000**
<i>Est-3</i>	a	0,9211	0,2353	0,0714*	0,1111	0,3824
	b	0,0789*	0,7647	0,9286	0,8889	0,6176
<i>Est-4</i>	a	0,0667*	0,1250	0,0294*	0,0000**	0,0667*
	b	0,4000	0,5500	0,5000	0,5278	0,6667
	c	0,5333	0,2250	0,2647	0,1389	0,2000
	d	0,0000**	0,1000	0,2059	0,3333	0,0667*
<i>Pod-1</i>	a	0,0500*	0,0500*	0,0278*	0,0313*	0,0789*
	b	0,9500	0,9500	0,9722	0,9688	0,9211
<i>Pod-2</i>	a	0,4000	0,6111	0,5588	0,3750	1,0000
	b	0,6000	0,3889	0,4412	0,6250	0,0000**

Keterangan: *=alel langka (*rare alleles*), ** = alel yang hilang (*missing alleles*)

Berdasarkan Tabel 3 di atas, dapat diidentifikasi beberapa alel langka pada lokus tertentu di dalam masing-masing kelompok

tegakan puspa. Definisi alel langka adalah alel dengan frekuensi kurang dari 0,1 (Brown & Briggs, 1991). Pada masing-masing kelompok

tegakan tidak ditemukan adanya private allele, yaitu alel yang hanya ditemukan pada lokus dan kelompok tegakan tertentu. Alel langka (a,b) ditemukan pada semua kelompok tegakan yang bervariasi menurut jenis lokusnya. Khusus pada lokus *Pod-1*, alel langka 'a' terdapat pada semua kelompok tegakan. Penyebab langkanya beberapa alel kemungkinan karena rendahnya tingkat *fitness* pada kondisi lingkungan saat ini, sehingga kurang mampu beradaptasi dan menyebabkan frekuensinya semakin turun. Jika kondisi ini dibiarkan tanpa campur tangan manusia, maka pada generasi berikutnya sangat mungkin alel ini akan hilang akibat damparan genetik secara random (*genetic drift*) dan atau seleksi.

Sedangkan, alel yang hilang (*missing alel*) ditemukan di kelompok tegakan puspa Mriyan (Est-2 dan Pod-2), dan di kelompok tegakan puspa Restorasi (Est 4). Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi *genetic drift* yang berdampak pada hilangnya alel-alel tertentu secara random, sehingga lokus Pod-2 dan Est-2 yang awalnya merupakan lokus polimorfik berubah menjadi monomorfik.

3. Parameter keragaman genetik kelompok tegakan puspa

Hasil perhitungan parameter keragaman genetik pada masing-masing kelompok tegakan puspa dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter keragaman genetik berdasarkan kelompok tegakan

Kel. Tegakan	A/L	v	PLP(%)	Ho	He	F _{IS}
Tlogolele	2,1	1,5655	100	0,2663	0,3242	0,1786
Balerante	2,3	1,6139	100	0,2751	0,3290	0,1638
Gunung Malang	2,3	1,6190	100	0,2843	0,2995	0,0508
Mriyan	2,1	1,5981	100	0,2782	0,3286	0,1534
Demplot Restorasi	2,0	1,3639	75	0,1936	0,2182	0,1127
Rata-rata	2,2	1,5521	95	0,2595	0,2999	0,1347

Pada Tabel 4 terlihat bahwa rata-rata jumlah alel per lokus (A/L) untuk semua kelompok tegakan adalah 2,2. Kelompok tegakan dengan rata-rata jumlah alel per lokus paling tinggi adalah Balerante dan Gunung Malang sebesar 2,3. Rata-rata jumlah alel per lokus yang paling rendah terdapat pada kelompok tegakan Demplot Restorasi yaitu 2,0. Rata-rata jumlah alel efektif per lokus (v) untuk semua kelompok tegakan sebesar 1,5521. Kelompok tegakan dengan rata-rata jumlah alel efektif per lokus yang paling tinggi adalah Gunung Malang (1,6190) dan yang terendah adalah Demplot Restorasi Ekosistem (1,3639). Rerata jumlah alel efektif per lokus sebesar 1,5521 lebih rendah dibandingkan jumlah alel aktual per lokus sebesar 2,2. Hal ini menunjukkan bahwa di dalam kelompok-kelompok tegakan terdapat sejumlah alel yang memiliki frekuensi lebih rendah dan memiliki

sedikit kontribusi dalam mempengaruhi variasi genetik. Selain itu, alel efektif yang lebih rendah dari alel aktual mengindikasikan terjadinya perubahan frekuensi alel dengan jumlah yang semakin berkurang. Perubahan tersebut terjadi karena adanya mutasi, seleksi, migrasi maupun *random genetic drift* (Finkelday, 2005; Yeh, 2000).

Nilai heterozigositas observasi (Ho) dan heterozigositas harapan (He) yang diperoleh merupakan gambaran besarnya keragaman genetik di dalam kelompok tegakan. Kelompok tegakan puspa di area Demplot Restorasi Ekosistem TNGM memiliki nilai rata-rata heterozigositas observasi (Ho) yang paling rendah bila dibandingkan dengan kelompok tegakan lainnya, yaitu sebesar 0,1936. Kelompok tegakan yang memiliki nilai heterozigositas observasi terbesar adalah Gunung Malang (Ho = 0,2843), kemudian diikuti oleh kelompok

tegakan Mriyan ($H_o = 0,2782$), Balerante ($H_o = 0,2751$) dan Tlogolele ($H_o = 0,2663$). Nilai rata-rata H_o untuk semua kelompok tegakan adalah 0,2595, sedangkan rata-rata heterozigositas harapan adalah 0,2999. Pada semua kelompok tegakan, nilai heterozigositas observasinya lebih kecil dari heterozigositas harapan, yang merupakan indikasi adanya kecenderungan penurunan heterozigositas pada masing-masing kelompok tegakan.

Rata-rata nilai heterozigositas observasi yang paling rendah pada kelompok tegakan Demplot Restorasi Ekosistem TNGM menunjukkan variasi genetik yang lebih kecil dibanding kelompok tegakan lainnya. Rendahnya variasi genetik puspa pada kelompok tegakan Demplot Restorasi Ekosistem diduga disebabkan oleh sumber benih yang digunakan untuk menanam hutan tersebut memiliki variasi genetik yang lebih terbatas (basis genetik sempit). Hal tersebut diperkuat dengan laporan (BTNGM, 2011) bahwa bibit puspa yang digunakan untuk penanaman demplot restorasi ekosistem hanya dari wilayah Purwokerto.

Berdasarkan perhitungan indeks fiksasi (koefisien inbreeding) pada masing-masing kelompok tegakan, rata-rata indeks fiksasi untuk semua kelompok tegakan adalah 0,1347. Nilai indeks fiksasi yang paling mendekati 0 terdapat pada kelompok tegakan Gunung Malang ($FIS = 0,0508$). Hal tersebut menunjukkan kecenderungan perkawinan antar individu puspa yang terjadi secara random pada kelompok tegakan tersebut. Sementara itu, nilai indeks fiksasi pada 4 kelompok tegakan lainnya relatif tinggi yang berarti probabilitas kawin kerabat (*inbreeding*) yang lebih besar. Menurut Frankham, Ballou, dan Briscoe (2002) pada populasi yang mengalami pengurangan ukuran secara drastis, tingkat terjadinya *inbreeding* dalam populasi tersebut akan semakin tinggi. Tingginya perkawinan kerabat akan menghasilkan fenomena depresi silang dalam yang berdampak pada penurunan vigor, ukuran, laju pertumbuhan, dan atau tingkat fertilitas yang

disebabkan oleh semakin meningkatnya homozigot pada biji-biji hasil perkawinannya.

4. Pertimbangan Keragaman Genetik dalam Restorasi Ekosistem TNGM

Rendahnya variasi genetik puspa pada demplot restorasi ekosistem dapat berakibat pada rendahnya tingkat *survival* dan kemampuan reproduksi alami puspa pada kelompok tegakan tersebut. Dalam jangka panjang, kelompok tegakan tersebut diprediksi kurang mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang selalu berubah, terutama akibat aktivitas vulkanik Gunung Merapi.

Salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan program restorasi ekosistem hutan adalah pemilihan pohon induk untuk bahan pembuatan bibit tanaman. Menurut Bulgarella, Navascuez, Soto, Lora, dan Fici (2007) cara pengunduhan benih/biji yang dilakukan tidak secara acak dan terbatas pada beberapa pohon induk saja merupakan penyebab utama rendahnya keragaman genetik dari tegakan yang ditanam dalam suatu proyek restorasi ekosistem hutan. Pengumpulan materi reproduksi (benih/biji) dari pohon induk yang terbatas pada beberapa individu saja akan menghasilkan populasi dengan ukuran populasi efektif yang kecil, memperbesar peluang terjadinya *inbreeding* dan penurunan potensi evolusi adaptif pada populasi tersebut (Blakesley, Pakkad, James, Torre, & Elliott, 2004).

B. Potensi permudaan alam

Permudaan alam hutan adalah peremajaan hutan secara alami yang komponennya terdiri dari tingkat semai, pancang dan tiang (Alrasyid, 2006). Hasil analisis vegetasi yang dilakukan untuk mengetahui kerapatan dan frekuensi puspa di 4 kelompok tegakan dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, kelompok tegakan yang memiliki potensi permudaan alam paling tinggi adalah kelompok tegakan Gunung Malang. Kerapatan semai pada kelompok

tegakan tersebut cukup tinggi (15.000/ha), dengan komposisi komponen permudaan alam yang lengkap baik berupa semai, sapihan, tiang dan pohon. Frekuensi semai pada kelompok

tegakan Gunung Malang sebesar 0,8 menunjukkan sebaran semai yang cukup merata di lokasi tersebut.

Tabel 5. Rekapitulasi kerapatan dan frekuensi masing-masing kelompok tegakan

Kelompok Tegakan	Kerapatan (N/ha)				Frekuensi			
	semai	sapihan	tiang	pohon	semai	sapihan	tiang	pohon
Tlogolele	500	0	50	110	0,2	0	0,8	1
Balerante	0	0	0	200 (trubusan)	0	0	0	0,40
Gunung Malang	15.000	240	175	205	0,8	0,6	1	0,8
Mriyan	834	737	21	88	0,17	0,67	0,67	1

Adanya gangguan terhadap proses permudaan alam puspa dapat dilihat pada kelompok tegakan dengan tingkat kerusakan sedang, yaitu kelompok tegakan Tlogolele dan Balerante. Pada kedua kelompok tegakan tersebut, terdapat satu atau beberapa tingkatan hidup yang tidak ditemukan. Untuk kelompok tegakan Tlogolele, dari 5 petak ukur yang dibuat di lokasi ini, tidak ditemukan individu puspa dengan tingkat sapihan. Sementara itu, untuk kelompok tegakan Balerante, individu puspa yang ditemukan di dalam petak ukur di lokasi ini adalah hasil pertumbuhan dari trubusan akar pohon puspa yang telah tumbang karena terkena awan panas Gunung Merapi. Meski demikian, tidak semua pohon puspa yang telah tumbang mampu membentuk trubusan. Hal ini terlihat dari nilai frekuensi yang rendah yaitu 0,40.

Kecukupan jumlah permudaan alam baik pada fase semai, sapihan dan tiang dalam suatu tegakan hutan merupakan gambaran potensi permudaan alam tegakan tersebut. Berdasarkan kriteria dalam sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (Kehutanan, 1993), jumlah permudaan alam dikategorikan cukup apabila di dalam petak ukur 20 x 20 m terdapat minimal 1 pohon inti (25 pohon/ha), 2 tiang untuk petak ukur 10 x 10 m (200 batang/ha), 4 sapihan untuk petak ukur 5 x 5 m (1.600 batang/ha) dan 8 semai untuk petak ukur 2 x 2 m (20.000 batang/ha).

Proses permudaan alam puspa pada kelompok tegakan dengan tingkat kerusakan

sedang, yaitu kelompok Tlogolele dan Balerante, diduga terganggu oleh erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010. Pada kelompok tegakan Tlogolele, kerapatan semai alami puspa cukup rendah yaitu 500 batang/ha, bahkan pada kelompok tegakan tersebut tidak ditemukan individu puspa hasil permudaan alam dengan tingkat sapihan. Pada kelompok tegakan Balerante, tidak ditemukan individu puspa hasil permudaan alam pada tingkat semai, sapihan maupun tiang.

Kelompok tegakan puspa yang mengalami kerusakan ringan akibat erupsi Merapi tahun 2010, yaitu kelompok tegakan Gunung Malang dan Mriyan, menunjukkan potensi permudaan alam yang lebih baik. Pada kedua kelompok tegakan tersebut, dapat ditemukan individu hasil permudaan alam secara lengkap dari tingkat hidup semai, sapihan hingga tiang. Tingginya kerapatan semai pada kelompok tegakan Gunung Malang (15.000 batang/ha) tidak diikuti dengan peningkatan kerapatan sapihan dan tiang secara proporsional. Kondisi kerapatan semai alami yang tinggi tersebut menyebabkan tingkat kompetisi antar semai alami yang tinggi dalam memperebutkan cahaya dan unsur hara, sehingga semai alami yang mampu berkembang menjadi individu dengan tingkat sapihan dan tiang menjadi terbatas.

C. Implikasi pada konservasi sumberdaya genetik

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keragaman genetik pohon puspa di Taman Nasional Gunung Merapi masih cukup tinggi. Meskipun demikian, pada lokasi ini terdapat distribusi alel yang tidak merata, yaitu adanya beberapa alel dengan frekuensi yang tinggi sementara sejumlah alel lain memiliki frekuensi yang cukup rendah (alel langka) dan bahkan tidak ditemukan suatu alel dalam lokus tertentu (*missing alleles*). Keberadaan alel langka dalam kelompok tegakan tersebut perlu untuk dipertahankan agar tujuan pelestarian keragaman genetik kelompok tegakan puspa dapat dicapai.

Pohon-pohon puspa yang memiliki alel langka dalam suatu kelompok tegakan perlu dipantau pada saat mulai musim pembungaan agar proses reproduksi generatifnya dapat berjalan dengan baik. Pohon puspa yang memiliki alel langka dan mampu berbunga namun hanya menghasilkan benih yang terbatas perlu dibantu penyerbukannya secara terkendali (*controlled pollination*). Pohon puspa yang memiliki alel langka dan sama sekali tidak mampu berbunga, maka perlu dilakukan upaya perbanyakkan secara vegetatif.

Dalam sistem zonasi kawasan TNGM tahun 2012, lokasi kelompok tegakan Gunung Malang dan Balerante berada dalam zona rimba. Kelompok tegakan Mriyan termasuk ke dalam zona pemanfaatan, sedangkan kelompok tegakan Tlogolele berada dalam zona tradisional. Kelompok tegakan Gunung Malang yang memiliki keragaman genetik tertinggi serta jumlah permudaan alam yang melimpah dapat dipertimbangkan untuk menjadi zona inti sehingga upaya perlindungan terhadap kelompok tegakan tersebut dapat ditingkatkan.

Terkait dengan kegiatan restorasi ekosistem yang telah dilakukan pada periode 2011 – 2015, hasil analisis keragaman genetik menunjukkan rendahnya keragaman genetik dari tegakan yang ditanam di area Demplot Restorasi Ekosistem TNGM. Beberapa hal yang perlu

dilakukan untuk kepentingan restorasi ekosistem TNGM di masa mendatang antara lain: i) pengumpulan informasi (identifikasi dan inventarisasi) distribusi populasi-populasi puspa di luar kawasan TNGM, ii) pengukuran keragaman genetik pada populasi-populasi puspa yang terdapat di luar kawasan TNGM tersebut, iii) penentuan alternatif sumber materi genetik yang akan digunakan untuk restorasi ekosistem, iv) pengendalian aktivitas masyarakat yang mengancam kelestarian tegakan puspa.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Keragaman genetik puspa pada dua kategori kerusakan vegetasi pasca erupsi Merapi tahun 2010 yang diamati bervariasi. Kelompok tegakan puspa dengan tingkat kerusakan vegetasi ringan di Gunung Malang dan Mriyan memiliki keragaman genetik yang lebih tinggi dibandingkan pada kelompok tegakan dengan tingkat kerusakan sedang di Balerante dan Tlogolele. Keragaman genetik puspa terendah berada pada tegakan di demplot Restorasi Ekosistem.

Komposisi permudaan puspa yang diamati bervariasi. Kelompok tegakan Gunung Malang merupakan kelompok tegakan dengan potensi permudaan yang paling tinggi.

B. Saran

Keragaman genetik puspa yang rendah pada Plot Restorasi Ekosistem TNGM perlu menjadi perhatian, terutama terkait kemampuannya dalam beradaptasi, tumbuh dan ketahanan terhadap hama penyakit. Disamping itu, infusi material genetik puspa dari tegakan Gunung Malang, yang memiliki keragaman genetik paling tinggi dengan potensi permudaannya terbaik, perlu menjadi program lanjutan untuk memperkaya keragaman genetik puspa pada plot restorasi. Bahkan, meningkatkan status zona rimba pada tegakan Gunung Malang untuk menjadi zona inti agar lebih aman pun sangat penting.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Ir. Edy Sutiyarto selaku Kepala Balai TNGM, Dr. Tri Atmojo selaku Kepala Sub Bagian Tata Usaha Balai TNGM, Bapak Untung sebagai teknisi Laboratorium Pemuliaan Pohon Fakultas Kehutanan UGM, dan pihak-pihak lain yang membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyempurnaan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrasyid, H. (2006). Potensi Permudaan Alam di Areal Tegakan Tinggal Hutan Alam Ramin Campuran. In *Workshop Nasional: Policy Option on the Conservation and Utilization of Ramin* (pp. 82–85). Bogor.
- Blakesley, D., Pakkad, G., James, C., Torre, F., & Elliott, S. (2004). Genetic diversity of *Castanopsis acuminatissima* (Bl.) A. DC. in northern Thailand and the selection of seed trees for forest restoration. *New Forests*, 27(1), 89–100. <https://doi.org/10.1023/A:1025016331835>
- Brown, A. H. D., & Briggs, J. D. (1991). Sampling Strategies for Genetic Variation in Ex Situ Collections of Endangered Plant Species. In *Genetics and Conservation of Rare Plants* (pp. 99–119). New York: Oxford University Press.
- BTNGM. (2011). *Rencana Restorasi Ekosistem Taman Nasional Gunung Merapi*. Yogyakarta.
- BTNGM. (2016). *Potensi Tumbuhan TNGM*.
- Bulgarella, C., Navascuez, M., Soto, A., Lora, A., & Fici, S. (2007). Narrow genetic base in forest restoration with holm oak (*Quercus ilex* L.) in Sicily. *Ann. For. Sci.*, 64, 757–763. <https://doi.org/10.1051/forest:2007055>
- Finkelday, R. (2005). *An Introduction to Tropical Forest Genetics*. Gottingen: Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding.
- Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2002). *Introduction to Conservation Genetics*. New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.12.001>
- Kehutanan, D. (1993). *Pedoman dan Petunjuk Teknis Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) pada Hutan Alam Daratan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengusahaan Hutan, Departemen Kehutanan.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Anthony, S. (2009). *Schima wallichii. Agroforestry Database: A Tree Reference and Selection Guide Version 4.0*, 0, 1–5.
- Randal, R. E. (1978). *Theories and Technique in Vegetation Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Seido, K. (1993). *Manual of Isozyme Analysis*.
- Sutomo. (2013). *Ecological succession on volcanic ecosystem of mount merapi indonesia and its implication for restoration*. Bogor: Seameo Biotrop.
- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., ... Bozzano, M. (2014). Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management*, 333, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.015>
- Van Steenis, C. G. G. J. (2006). *Flora Pegunungan Jawa*. Bogor: Yayasan Obor Indonesia.
- Yeh, F. C. (2000). Population Genetics. In A. Young, D. Boshier, & T. Boyle (Eds.), *Forest Conservation Genetics: Principles and Practice*. Australia: CSIRO Publishing.

Lampiran 1. Peta lokasi tegakan puspa Taman Nasional Gunung Merapi pasca erupsi tahun 2010

