

Potensi Cadangan Biji Tumbuhan Bawah Pasca Erupsi Merapi di Taman Nasional Gunung Merapi

Seed Bank Potential of Understorey Plants After The Eruption of Merapi Volcano in Mount Merapi National Park

ANISA FADILAH, SULISTIJORINI*, NUNIK SRI ARIYANTI

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Received 22 September 2022/Received in revised form 20 Februari 2024/Accepted 28 Februari 2024

The 2010 eruption of Mount Merapi caused the ecosystem of Mount Merapi National Park had damage. The recovery of the surrounding ecosystem was called succession. Soil seed bank can be a seed resource for the succession. This research was conducted to analyze vegetation composition and explore the potential seed bank of understorey plants. The vegetation analysis was done using a quadratic method in the three locations: highly damaged, moderately damaged, and lightly damaged. A 1×1 m² plot was used to collect 9 soil samples from each location. The soil samples were stored in a greenhouse for the germination test. Results showed that Poaceae dominated the vegetation in three locations. The vegetation in moderately and lightly damaged locations has a higher score in diversity and evenness than that in highly damaged locations. The seed bank results showed approximately 34 understorey plants from 14 families dominated by Poaceae. The similarity between the standing aboveground vegetation and soil seed banks in the three locations was low.

Key words: Ecosystem damage, seed bank, succession, Poaceae

PENDAHULUAN

Taman Nasional Gunung Merapi (TNGM) merupakan kawasan konservasi dengan beragam fungsi. Selain menjadi kawasan penyangga Gunung Merapi yang termasuk gunung api paling aktif di Indonesia, ekosistem hutan TNGM berfungsi sebagai daerah tangkapan air, habitat berbagai flora dan fauna yang dilindungi, serta kantong berbagai plasma nutfah. Keberadaan Gunung Merapi yang dapat meletus sewaktu-waktu menyebabkan ekosistem TNGM memiliki tingkat kerapuhan tinggi. Erupsi gunung Merapi pada tahun 2010 menyebabkan kawasan TNGM mengalami 3 tingkat kerusakan yaitu kerusakan berat, sedang, dan ringan (Marhaento & Kurnia 2015). Selain menyebabkan kerusakan vegetasi, erupsi Gunung Merapi juga menyebabkan kematian berbagai spesies satwa yang tidak mampu menyelamatkan diri serta mengurangi atau menghilangkan luasan habitat (ruang), sumber pakan, dan air bagi satwa yang berhasil bertahan (Gunawan *et al.* 2013).

Mekanisme pemulihan suatu ekosistem setelah mengalami gangguan dikenal dengan proses suksesi. Pemulihan ekosistem setelah terjadi erupsi menjadi bervariasi dikarenakan perbedaan kondisi suhu dan kelembapan. Suksesi menjadi lebih cepat pada wilayah tropis dengan iklim yang lebih lembap (del Moral & Grishin 1999). Keberadaan vegetasi hutan yang tersisa menjadi sumber benih bagi proses suksesi. Selain itu, cadangan biji di dalam tanah juga membantu proses suksesi. Cadangan biji merupakan simpanan biji yang belum berkecambah pada suatu profil tanah, baik di dalam maupun di permukaan tanah (Zobel *et al.* 2007). Cadangan biji berperan penting dalam menentukan komposisi dan struktur komunitas tumbuhan pada area terbuka yang telah mengalami gangguan. Menurut Espinar *et al.* (2005) cadangan biji umumnya paling banyak berada di permukaan tanah, tetapi adanya retakan tanah dapat menyebabkan perubahan ukuran cadangan biji sesuai kedalaman tanah. Cadangan biji akan berkembang menjadi beberapa komunitas tumbuhan salah satunya adalah tumbuhan bawah.

Tumbuhan bawah merupakan keanekaragaman tumbuhan terbesar yang berkontribusi terhadap fungsi ekosistem hutan. Tumbuhan bawah dikelompokkan

*Penulis korespondensi:

E-mail: sulistijorini@apps.ipb.ac.id

menjadi tumbuhan kayu (semak), tumbuhan herba (herba, paku, dan rumput), dan lumut terrestrial. Meskipun tumbuhan bawah memiliki proporsi biomassa yang kecil, tumbuhan ini dapat berkontribusi secara substansial terhadap total produksi ekosistem karena memiliki tingkat pergantian yang tinggi (Kumar 2018). Tumbuhan bawah berpengaruh terhadap siklus nutrisi pada ekosistem selama proses mineralisasi dan nitrifikasi. Selain itu, tumbuhan bawah juga berpengaruh terhadap keberadaan mikroflora dan meningkatkan pelapukan mineral-mineral di dalam tanah (Augusto *et al.* 2002; Qiao *et al.* 2014). Tumbuhan bawah dapat berfungsi dalam peresapan dan membantu menghalangi jatuhnya air hujan secara langsung, sehingga dapat mencegah erosi yang berlangsung secara cepat (Maisyaroh 2010; Hilwan *et al.* 2013; Jiang *et al.* 2022). Oleh karena itu, data tumbuhan bawah dan cadangan biji menjadi penting dalam studi ekologi komunitas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi vegetasi pada lahan dengan tingkat kerusakan berbeda akibat erupsi dan mengeksplorasi potensi cadangan biji tumbuhan bawah pasca erupsi Merapi di Taman Nasional Gunung Merapi.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan. Alat-alat yang digunakan pada penelitian yaitu cangkul, 27 bak perkecambahan, alat siram, *4 in 1 Environment Tester*, dan plastik UV. Bahan yang digunakan adalah sampel tanah yang berasal dari Kawasan Taman Nasional Gunung Merapi.

Waktu dan Tempat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2018 hingga Maret 2019. Pengambilan sampel tanah dan analisis vegetasi dilakukan pada bulan Agustus 2018 di Taman Nasional Gunung Merapi, Sleman, Yogyakarta. Pengambilan data lapangan dilakukan di tiga lokasi berbeda yaitu Wisata Bunker Kaliadem ($07^{\circ} 34.780' \text{ LS}$ dan $110^{\circ} 26.856' \text{ BT}$) sebagai lokasi terdampak erupsi berat, Kinahrejo ($07^{\circ} 35.126' \text{ LS}$ dan $110^{\circ} 26.457' \text{ BT}$) sebagai lokasi terdampak erupsi sedang, dan Pluyon Kalikuning ($07^{\circ} 36.028' \text{ LS}$ dan $110^{\circ} 26.236' \text{ BT}$) sebagai lokasi terdampak erupsi ringan (Gambar 1 dan 2). Pembuatan herbarium dan identifikasi tumbuhan dilakukan di Laboratorium Ekologi Sumber Daya Tumbuhan, Departemen Biologi IPB, uji perkecambahan dilakukan di rumah kaca Departemen Biologi IPB, dan analisis fraksi tanah (rasio pasir, debu, dan liat) dilakukan di Laboratorium Kesuburan, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan IPB.

Analisis Vegetasi dan Pengambilan Contoh Tanah. Analisis vegetasi tumbuhan bawah dilakukan pada tiga lokasi berbeda yaitu terdampak erupsi berat, sedang, dan ringan. Vegetasi tumbuhan bawah



Gambar 1. Lokasi penelitian di Taman Nasional Gunung Merapi



A



B



C

Gambar 2. Kondisi tutupan lahan (A) lokasi terdampak berat (B) lokasi terdampak sedang (C) lokasi terdampak ringan

dianalisis menggunakan metode kuadrat. Petak utama berukuran $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ dibuat sebanyak tiga buah pada tiap lokasi. Setiap petak utama dibuat plot contoh berukuran $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (sesuai Kusmana 1997) sebanyak tiga buah, sehingga tiap lokasi terdapat sembilan plot contoh. Semua spesies yang ditemukan dan persentase penutupan setiap spesies tumbuhan bawah di tiap plot dicatat. Selanjutnya pada setiap plot dilakukan pengambilan tanah pada kedalaman 0-5 cm sebanyak $\pm 2\text{ kg}$. Pengukuran iklim mikro sebanyak tiga ulangan dilakukan saat pengambilan contoh tanah di lapangan.

Pembuatan Herbarium dan Identifikasi Tumbuhan. Tumbuhan yang tidak dapat diidentifikasi secara langsung di lapangan dibuat herbarium. Metode pembuatan spesimen herbarium mengikuti metode Bridson & Forman (1998). Tumbuhan hasil uji perkecambahan juga dibuat herbarium dan diidentifikasi dengan buku identifikasi *Weed of Rice in Indonesia* (Soerjani *et al.* 1987) dan Flora Pegunungan Jawa (Steenis 2010).

Uji Perkecambahan. Tanah diletakkan di dalam bak-bak perkecambahan yang ditempatkan di rumah kaca. Perkecambahan dilakukan dengan pemberian sungkup di atas bak perkecambahan selama 15 minggu dari bulan November 2018 hingga Februari 2019 (Gambar 3). Penyiraman



A



B

Gambar 3. Pengujian cadangan biji metode uji perkecambahan (A) Penggunaan sungkup pada perkecambahan (B) Susunan bak perkecambahan

dilakukan tiap hari. Biji dibiarkan berkecambah untuk diidentifikasi pada tingkat semai. Peubah yang diamati adalah spesies yang tumbuh, jumlah spesies, dan jumlah semai yang tumbuh tiap spesies. Faktor lingkungan yang diukur ialah suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Pengukuran faktor lingkungan dilakukan tiga kali tiap minggu.

Analisis Data. Data analisis vegetasi tumbuhan bawah di tiga lokasi digunakan dalam penentuan Indeks Nilai Penting (INP) (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Keanekaragaman spesies pada vegetasi asal dan uji cadangan biji ditunjukkan oleh indeks keragaman Shannon-Wiener (H') dan indeks kemerataan spesies (E). Kesamaan komposisi spesies yang terdapat pada vegetasi alami tumbuhan bawah dan cadangan biji di dalam tanah dianalisis dengan menggunakan indeks kesamaan Sorensen (IS) (Odum 1996).

Analisis komposisi jenis *Nepenthes* dilakukan secara kuantitatif dengan menghitung nilai kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dan Indeks nilai penting (INP). Rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu spesies } i}{\text{Luas petak contoh}}$$

$$\text{Kerapatan relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan spesies } i}{\text{Kerapatan seluruh spesies}} \times 100$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan spesies } i}{\text{Jumlah seluruh plot}}$$

$$\text{Frekuensi relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi spesies } i}{\text{Frekuensi seluruh spesies}} \times 100$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \text{KR} + \text{FR}$$

Indeks Keragaman Shannon-Wiener (H'):

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \ln\left(\frac{n_i}{N}\right)$$

H' = indeks keragaman

n_i = jumlah individu spesies ke i

N = jumlah individu total

Kategori indeks keanekaragaman jenis (H') Shanon-Whiener terbagi menjadi tiga yaitu, $H' < 1$ menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis yang rendah, $1 \leq H' \leq 3$ menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis yang sedang, $H' > 3$ menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis yang tinggi (Kent & Paddy 1992).

Indeks Kemerataan Spesies (E):

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

E = indeks kemerataan spesies

H' = indeks keanekaragaman

S = jumlah seluruh spesies

Nilai indeks berkisar 0-1, jika E mendekati 0 menunjukkan jumlah individu yang dimiliki spesies sangat jauh berbeda, sedangkan jika E mendekati 1 menunjukkan jumlah tiap spesies relatif sama (Odum 1996).

Koefisien Kesamaan Komunitas (IS):

$$IS = \frac{2c}{a + b}$$

IS = indeks kesamaan Sorensen

a = jumlah seluruh spesies cadangan biji di dalam tanah

b = jumlah seluruh spesies vegetasi di atas permukaan tanah/vegetasi alami

c = jumlah spesies yang ada di kedua lokasi (cadangan biji dan vegetasi alami)

Semakin besar nilai IS, maka kesamaan spesies kedua komunitas yang dibandingkan semakin seragam komposisi spesiesnya (Odum 1996).

HASIL

Komposisi Vegetasi Tumbuhan Bawah.

Berdasarkan hasil analisis vegetasi tumbuhan bawah di TNGM terdapat 1.727 individu dari 38 spesies yang termasuk dalam 15 famili (Tabel 1).

Sebanyak 12 spesies tumbuhan ditemukan di lokasi terdampak berat dengan jumlah individu terbanyak adalah *Imperata cylindrica* (Poaceae) sebanyak 140 individu tumbuhan. Spesies dengan jumlah terbanyak selanjutnya adalah *Pogonatherum crinitum* (Poaceae). Sebanyak 20 spesies tumbuhan bawah ditemukan di lokasi terdampak sedang dan ringan. Tumbuhan bawah di lokasi terdampak berat lebih sedikit daripada lokasi terdampak sedang dan ringan. Spesies dengan jumlah individu tertinggi di lokasi sedang dan lokasi ringan adalah *Poaceae* sp1 masing-masing sebanyak 146 dan 150 individu tumbuhan.

Spesies-spesies tumbuhan bawah di lokasi terdampak berat sebagian besar masuk dalam famili Poaceae dan Asteraceae masing-masing sebanyak 3 spesies. Paku-pakuan dari famili Lycopodiaceae, Nephrolepidaceae, dan Pteridaceae juga menyusun komposisi vegetasi di lokasi terdampak berat. Lokasi terdampak berat merupakan kawasan yang masih terbuka dengan intensitas cahaya tinggi yang mendorong pertumbuhan spesies-spesies dari famili Poaceae seperti *I. cylindrica* dan *P. crinitum*. Sebagian besar tumbuhan bawah di lokasi terdampak sedang dan ringan masuk ke dalam famili Poaceae sebanyak 8 spesies dan Asteraceae sebanyak 10 spesies. Lokasi terdampak sedang dan ringan merupakan kawasan yang lebih ternaungi, sehingga lebih banyak ditemukan spesies-spesies dari famili Asteraceae. *Anaphalis longifolia* (Asteraceae) atau bunga edelweis merupakan tumbuhan khas pegunungan jawa ditemukan di lokasi terdampak berat dan sedang.

Spesies tumbuhan bawah yang dominan di lokasi terdampak berat yaitu *I. cylindrica*, *P. crinitum*, dan *Pityrogramma calomelanos* (Tabel 2) dengan nilai INP berturut-turut sebesar 58,21; 51,38; dan 29,43. Tumbuhan bawah lokasi terdampak sedang di dominasi oleh *Cyperus* sp1, Poaceae sp1, dan *I.*

Tabel 1. Jenis tumbuhan bawah yang teridentifikasi pada kondisi vegetasi alami di TNGM

Jenis tumbuhan	Famili	Lok. Berat	Lok. Sedang	Lok. Ringan	Jml Indv.
<i>Justicia procumbens</i>	Acanthaceae	0	-	4	4
<i>Alternanthera brasiliana</i>	Amaranthaceae	-	13	2	15
<i>Centella asiatica</i>	Apiaceae	-	-	13	13
<i>Elephantopus scaber</i>	Asteraceae	-	-	84	84
<i>Elephantopus spicatus</i>	Asteraceae	-	-	27	27
<i>Sphagneticola trilobata</i>	Asteraceae	-	-	56	56
<i>Erigeron sumatraensis</i>	Asteraceae	1	55	87	143
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	-	5	1	6
<i>Eupatorium riparium</i>	Asteraceae	-	39	-	39
<i>Cromolaena odorata</i>	Asteraceae	-	5	-	5
<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae	3	13	-	16
<i>Porophyllum ruderale</i>	Asteraceae	-	1	-	1
<i>Anaphalis longifolia</i>	Asteraceae	5	2	-	7
<i>Tradescantia</i> sp.	Commelinaceae	-	22	-	22
<i>Cyperus</i> sp1	Cyperaceae	-	128	-	128
<i>Desmodium heterophyllum</i>	Fabaceae	-	20	-	20
<i>Mimosa pudica</i>	Fabaceae	-	1	27	28
<i>Phaseolus</i> sp1	Fabaceae	-	-	11	11

Tabel 1. Lanjutan

Jenis tumbuhan	Famili	Lok. Berat	Lok. Sedang	Lok. Ringan	Jml Indv.
<i>Desmodium</i> sp.	Fabaceae	-	-	19	19
<i>Sida</i> sp	Malvaceae	-	10	-	10
<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	8	-	8	16
<i>Stenotaphrum</i> sp.	Poaceae	-	-	64	64
<i>Cyrtococcum</i> sp.	Poaceae	-	47	-	47
<i>Pogonatherum crinitum</i>	Poaceae	117	-	19	136
<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae	140	121	-	261
<i>Poaceae</i> sp1	Poaceae	-	146	150	296
<i>Poaceae</i> sp2	Poaceae	-	-	28	28
<i>Poaceae</i> sp3	Poaceae	11	-	-	11
<i>Polygala paniculata</i>	Polygalaceae	6	-	-	6
<i>Rubiaceae</i> sp1	Rubiaceae	-	64	2	66
<i>Richardia brasiliensis</i>	Rubiaceae	-	1	86	87
<i>Stachytarpheta indica</i>	Verbenaceae	-	-	6	6
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	-	1	1	2
<i>Lycopodium clavatum</i>	Lycopodiaceae	6	-	-	6
<i>Nephrolepis cordifolia</i>	Nephrolepidaceae	3	-	-	3
<i>Pteris ensiformis</i>	Pteridaceae	-	1	-	1
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	Pteridaceae	36	-	-	36
<i>Pityrogramma dealbata</i>	Pteridaceae	1	-	-	1
Jumlah jenis tiap lokasi		12	20	20	
Jumlah individu		337	695	695	1,727

Tabel 2. Komposisi jenis tumbuhan dan indeks nilai penting (INP) pada kondisi vegetasi alami di TNGM

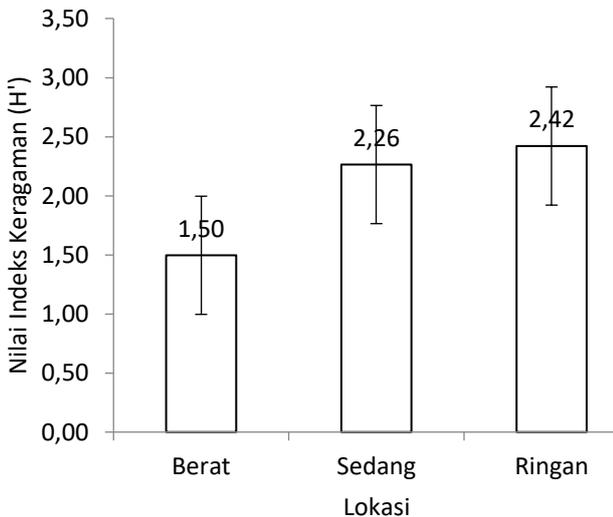
Jenis tumbuhan Lok. Berat	INP (%)	Jenis tumbuhan Lok. Sedang	INP (%)	Jenis tumbuhan Lok. Ringan	INP (%)
<i>I. cylindrica</i>	58,21	<i>Cyperus</i> sp1	30,92	<i>Poaceae</i> sp1	31,75
<i>P. crinitum</i>	51,38	<i>Poaceae</i> sp1	29,34	<i>E. sumatraensis</i>	17,6
<i>P. calomelanos</i>	29,43	<i>I. cylindrica</i>	24,35	<i>R. brasiliensis</i>	17,46
<i>C. citratus</i>	12,79	<i>Rubiaceae</i> sp1	21,71	<i>E. scaber</i>	17,17
<i>A. longifolia</i>	11,9	<i>E. sumatraensis</i>	19,02	<i>Stenotaphrum</i> sp.	14,29
<i>P. paniculata</i>	8,03	<i>E. riparium</i>	12,56	<i>S. trilobata</i>	13,14
<i>Poaceae</i> sp3	7,43	<i>Cyrtococcum</i> sp.	10,93	<i>M. pudica</i>	10,66
<i>L. clavatum</i>	5,95	<i>A. brasiliensis</i>	8,81	<i>E. spicatus</i>	10,66
<i>E. sonchifolia</i>	5,06	<i>Tradescantia</i> sp.	8,72	<i>Phaseolus</i> sp1	10,06
<i>N. cordifolia</i>	5,06	<i>E. sonchifolia</i>	6,04	<i>Desmodium</i> sp.	9,51
<i>P. dealbata</i>	2,38	<i>D. heterohyllum</i>	5,66	<i>P. crinitum</i>	9,51
<i>E. sumatraensis</i>	2,38	<i>C. odorata</i>	4,89	<i>Poaceae</i> sp2	9,11
		<i>Sida</i> sp.	4,22	<i>C. asiatica</i>	6,96
		<i>A. conyzoides</i>	3,5	<i>C. citratus</i>	6,24
		<i>A. longifolia</i>	1,68	<i>S. indica</i>	4,25
		<i>L. camara</i>	1,53	<i>A. brasiliensis</i>	3,68
		<i>M. pudica</i>	1,53	<i>J. procumbens</i>	2,27
		<i>R. brasiliensis</i>	1,53	<i>Rubiaceae</i> sp1	1,98
		<i>P. ruderalis</i>	1,53	<i>Cyperus</i> sp.	1,84
		<i>P. ensiformis</i>	1,53	<i>A. conyzoides</i>	1,84
Total	200,00		200,00		200,00

cylindrica dengan nilai INP sebesar 30,92; 29,34; dan 24,35. Lokasi terdampak ringan di dominasi oleh *Poaceae* sp1, *Erigeron sumatrensis*, dan *Richardia brasiliensis* dengan nilai INP sebesar 31,75; 17,60; dan 17,46.

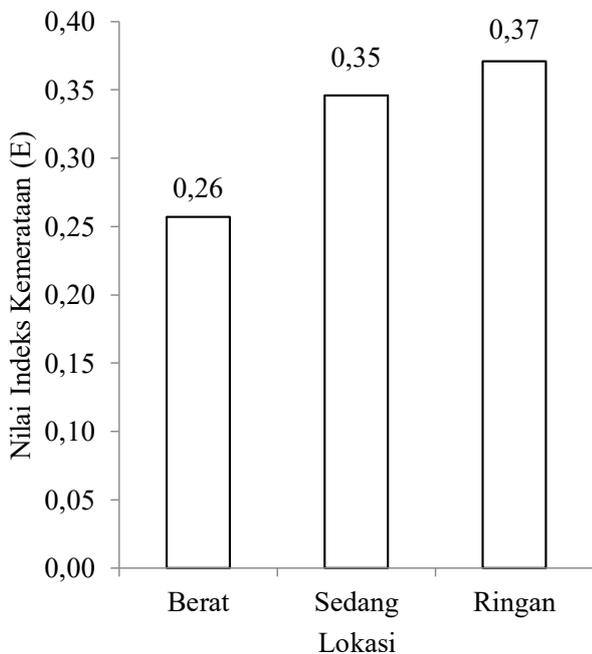
Keragaman dan Kemerataan Spesies Vegetasi Tumbuhan Bawah. Tingkat keragaman spesies tumbuhan bawah di tiga lokasi termasuk dalam kategori sedang yang menunjukkan bahwa tiga lokasi tersebut berada dalam kondisi stabil. Nilai indeks keragaman di lokasi terdampak berat secara matematis paling kecil daripada lokasi terdampak

sedang dan ringan (Gambar 3). Nilai H' yang lebih tinggi menunjukkan bahwa ekosistem tumbuhan bawah di lokasi terdampak sedang dan ringan relatif lebih stabil dibandingkan lokasi terdampak berat.

Indeks kemerataan spesies di tiga lokasi masuk dalam kategori rendah karena nilai E di tiga lokasi tersebut mendekati 0. Nilai indeks kemerataan spesies di lokasi terdampak berat paling kecil dibandingkan kedua lokasi lainnya (Gambar 4). Nilai E di lokasi terdampak berat sebesar 0,26, sedangkan di lokasi terdampak sedang dan ringan sebesar 0,35 dan 0,37 (Gambar 5). Tingkat kemerataan spesies di



Gambar 4. Indeks keragaman (H') spesies tumbuhan pada kondisi vegetasi alami



Gambar 5. Indeks kemerataan (E) spesies tumbuhan pada kondisi vegetasi alami

lokasi terdampak sedang dan ringan lebih tinggi dibandingkan lokasi terdampak berat. Hal ini menunjukkan bahwa spesies-spesies tumbuhan bawah di lokasi terdampak sedang dan ringan relatif lebih menyebar dibandingkan di lokasi terdampak berat. Tingkat penyebaran yang lebih rendah menunjukkan persebaran lokasi sumberdaya.

Komposisi Cadangan Biji Berdasarkan Uji Perkecambahan. Jumlah total individu tumbuhan bawah yang berkecambah mencapai 2.119 semai yang termasuk dalam 34 spesies dari 14 famili dengan (Tabel 3). Sebanyak 247 individu tumbuhan ditemukan di lokasi terdampak berat dengan jumlah

spesies terbanyak adalah *R. brasiliensis* (Rubiaceae) sebanyak 237 individu. Jumlah individu tumbuhan di lokasi terdampak berat merupakan jumlah yang paling sedikit dibandingkan dengan jumlah di lokasi terdampak sedang dan ringan. Tumbuhan bawah yang berhasil berkecambah di lokasi terdampak sedang dan ringan sebanyak 788 dan 1.084 individu tumbuhan bawah. Spesies3 (Cyperaceae) dan *R. brasiliensis* (Rubiaceae) ditemukan di lokasi terdampak sedang dengan jumlah masing-masing sebesar 226 dan 210 individu. Sp 4(Poaceae) dan sp2 (Cyperaceae) mendominasi di lokasi terdampak ringan dengan jumlah masing-masing sebesar 304 dan 126 individu.

Spesies yang ditemukan pada kondisi vegetasi alami dan uji perkecambahan di lokasi terdampak berat sebanyak 2 spesies yaitu *I. cylindrica* dan *P. crinitum*. Jumlah spesies yang sama pada vegetasi alami dan uji perkecambahan asal lokasi terdampak sedang dan ringan masing-masing sebanyak 8 dan 9 spesies. Hasil analisis indeks kesamaan Sorensen (IS) antara uji perkecambahan dan kondisi vegetasi di alam sebesar 0,21; 0,39; dan 0,24 secara berurutan untuk lokasi terdampak berat, sedang, dan ringan (Tabel 4). Nilai kesamaan komunitas paling tinggi berada di lokasi terdampak sedang. Tingkat kesamaan komunitas di lokasi terdampak berat paling rendah dibandingkan lokasi terdampak sedang dan ringan.

Perbandingan Faktor Lingkungan. Nilai faktor lingkungan pada kondisi vegetasi alami antar lokasi bervariasi. Perbedaan ketinggian lokasi pengambilan data memengaruhi nilai faktor lingkungan. Suhu udara yang terukur di lokasi terdampak berat, sedang, dan ringan berturut-turut sebesar 30,4°C, 23,5°C, 27,8°C. Kelembapan udara di lokasi terdampak berat berkisar antara 56,50–64,53%, sedangkan untuk lokasi terdampak sedang dan ringan berkisar antara 76,00–78,73% dan 51,03–56,30%. Intensitas cahaya di tiga lokasi berkisar 1.345–8.420 lux (Tabel 5). Lokasi terdampak sedang merupakan lokasi dengan naungan yang lebih banyak dibandingkan dua lokasi lainnya sehingga memiliki kelembapan udara yang lebih tinggi dan suhu udara yang lebih rendah.

Suhu udara rata-rata yang terukur dalam sungkup di rumah kaca selama 15 minggu berkisar antara 28,15°C–33,29°C. Nilai kelembapan udara (RH) yang terukur berkisar antara 73,40–86,73% sedangkan intensitas cahaya yang terukur yaitu 3222,67–8.003,33 lux (Tabel 6). Rasio fraksi tanah di tiga lokasi berbeda-beda. Kandungan pasir tertinggi terdapat di lokasi terdampak berat, sedangkan kandungan debu dan liat tertinggi terdapat di lokasi terdampak ringan. Kandungan pH tanah di tiga lokasi sama yaitu berkisar antara 5,10–5,43 (Tabel 7).

Tabel 3. Daftar jenis dan jumlah individu biji yang berkecambah pada tiap lokasi

Jenis tumbuhan	Famili	Lok. Berat	Lok. Sedang	Lok. Ringan	Jml Indv.
<i>Spermacoce</i> sp.	Acanthaceae	-	-	14	14
<i>Centella asiatica</i>	Apiaceae	-	-	4	4
<i>Alternanthera brasiliiana</i>	Amaranthaceae	-	20	1	21
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	-	56	47	103
<i>Emilia sonchifolia</i>	Asteraceae	-	1	1	2
<i>Sida</i> sp.	Asteraceae	-	47	-	47
<i>Tradescantia</i> sp.	Commelinaceae	-	12	10	22
<i>Cyanotis cristata</i>	Commelinaceae	-	-	2	2
<i>Commelina</i> sp.	Commelinaceae	-	4	1	5
<i>Cyperus</i> sp2	Cyperaceae	2	50	126	178
<i>Cyperus</i> sp3	Cyperaceae	1	226	36	263
<i>Mimosa pudica</i>	Fabaceae	-	-	10	10
<i>Desmodium</i> sp.	Fabaceae	-	-	1	1
<i>Phaseolus</i> sp2	Fabaceae	-	-	4	4
<i>Fabaceae</i> sp1	Fabaceae	-	7	1	8
<i>Lamiaceae</i> sp1	Lamiaceae	-	24	4	28
<i>Lindernia crustacea</i>	Linderniaceae	1	-	15	16
<i>Biophytum umbraculum</i>	Oxalidaceae	-	-	15	15
<i>Phyllanthus</i> sp.	Phyllanthaceae	-	4	35	39
<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae	1	1	9	11
<i>Pogonatherum crinitum</i>	Poaceae	4	6	16	26
<i>Cyrtococcum</i> sp.	Poaceae	-	14	4	18
<i>Brachiaria</i> sp.	Poaceae	-	10	1	11
<i>Axonopus compressus</i>	Poaceae	-	8	27	35
<i>Poaceae</i> sp1	Poaceae	-	-	13	13
<i>Poaceae</i> sp4	Poaceae	-	21	304	325
<i>Poaceae</i> sp5	Poaceae	-	45	6	51
<i>Poaceae</i> sp6	Poaceae	-	-	85	85
<i>Poaceae</i> sp7	Poaceae	-	-	57	57
<i>Poaceae</i> sp8	Poaceae	-	2	5	7
<i>Hedyotis corymbosa</i>	Rubiaceae	1	-	2	3
<i>Richardia brasiliensis</i>	Rubiaceae	237	210	112	559
<i>Rubiaceae</i> sp2	Rubiaceae	-	20	32	52
<i>Selaginella</i> sp.	Selaginellaceae	-	-	84	84
Jumlah jenis tiap lokasi		7	21	33	
Jumlah individu		247	788	1,084	2,119

Tabel 4. Kesamaan jumlah jenis pada cadangan biji dan vegetasi

Lokasi	Jumlah jenis cadangan biji	Jumlah jenis penyusun vegetasi	Jenis yang sama pada cadangan biji dan vegetasi alami (%)	Indeks Kesamaan Sorensen (IS)
Berat	7	12	11,76	0,21
Sedang	21	20	24,24	0,39
Ringan	33	20	20,45	0,34

Tabel 5. Faktor lingkungan saat kondisi alami di TNGM

Lokasi	Ketinggian Lokasi (mdpl)	Suhu (°C)	Kelembaban udara (RH)	Intensitas cahaya (Lux)
Berat	1.154	29,7-31,1	56,50-64,53	1.916-8.420
Sedang	1.040	22,4-24,6	76,00-78,73	1.699-6.410
Ringan	890	25,7-29,8	51,03-56,30	1.345-3.343,33

Tabel 6. Faktor lingkungan saat uji perkecambahan dalam sungkup di rumah kaca selama 15 minggu

Minggu ke-	Suhu (°C)	Kelembaban udara (RH)	Intensitas cahaya (Lux)
1	30,1-32,1	78,73-82,22	3.222,67-3.269,78
2	28,2-39,0	79,08-83,04	6.383,89-6.549,44
3	27,6-33,1	73,40-78,79	7.067,78-7.218,89
4	27,8-35,3	85,73-86,73	4.361,33-4.576,44
5	27,6-34,0	83,71-85,31	4.643,00-4.717,56
6	28,1-38,0	82,78-83,73	7.356,67-7.416,67
7	27,6-32,8	84,69-85,02	4.967,89-4.998,78
8	27,6-31,5	82,24-86,14	5.783,33-5.865,56
9	28,0-34,4	78,03-84,03	6.702,22-7.271,11
10	28,1-31,5	81,37-85,30	4.809,56-4.913,67
11	28,3-31,4	84,08-85,32	3.558,89-3.603,33
12	27,6-30,6	82,97-83,57	3.517,56-3.539,89
13	28,7-29,6	83,72-86,28	4.213,44-4.771,44
14	28,6-32,1	83,61-84,80	7.886,67-8.003,33
15	28,3-33,9	83,38-84,59	3.817,78-3.831,11

Tabel 7. Hasil analisis fraksi dan pH tanah di TNGM

Lokasi	Fraksi			pH
	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	
Berat	91,36	5,05	3,59	5,1
Sedang	89,77	7,43	2,79	5,3
Ringan	72,76	22,76	4,48	5,43

PEMBAHASAN

Komposisi Vegetasi Tumbuhan Bawah. Hasil analisis vegetasi tumbuhan bawah di lokasi terdampak berat menunjukkan bahwa *I. cylindrica*, *P. crinitum*, dan *P. calomelanos* sebagai spesies dominan dari famili Poaceae dan Pteridaceae. Komposisi tumbuhan bawah di lokasi terdampak berat terdiri dari 83,68% famili Poaceae, 13,65% Pteridaceae, dan 2,67% spesies lainnya. Kandungan pasir dan debu vulkanik di lokasi terdampak berat lebih banyak dibandingkan lokasi lainnya sehingga menjadikan tanah di kawasan tersebut lebih miskin unsur hara. Menurut Pudjiharta *et al.* (2008) bahwa *I. cylindrica* tidak memerlukan syarat tumbuh yang rumit sehingga dapat tumbuh pada kondisi tanah yang subur maupun tidak subur. Tumbuhan ini juga tidak memerlukan syarat iklim sehingga dapat tumbuh pada daerah beriklim basah dan kering.

Lokasi terdampak berat merupakan kawasan terbuka dengan intensitas cahaya berkisar antara 1.916–8.420 lux dapat mendukung pertumbuhan *I. cylindrica* dan spesies-spesies Poaceae lainnya. *Imperata cylindrica* merupakan tumbuhan tahunan yang cocok tumbuh di bawah sinar matahari, di tanah basah (lembap) maupun kering. Tumbuhan ini termasuk spesies tumbuhan C4 dengan proses fotosintesis toleran dengan intensitas cahaya tinggi dan dapat tumbuh dengan baik pada lahan terbuka (Fujiyanto *et al.* 2015). Selain famili Poaceae, spesies tumbuhan pionir dari Pteridaceae juga ditemukan pada vegetasi bawah yang menunjukkan bahwa ekosistem tersebut berada pada tingkat awal suksesi sekunder. Spesies-spesies tumbuhan tersebut dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang mendukung seperti intensitas cahaya tinggi, unsur hara rendah, dan kekeringan.

Spesies dominan dari lokasi terdampak sedang dan ringan berasal dari famili Poaceae. Hal tersebut karena famili Poaceae dapat tumbuh pada kondisi ekstrim. Famili Poaceae merupakan salah satu tumbuhan pionir yang dapat berkembang baik secara vegetatif maupun generatif pada lokasi terbuka, sehingga memiliki kisaran toleransi yang luas dan memiliki sifat kosmopolit (Pasaribu *et al.* 2021). Penelitian sebelumnya di TNGM juga menunjukkan dominansi tumbuhan bawah oleh famili Poaceae. Menurut Nadirman (2013) bahwa vegetasi bawah di TNGM pada lokasi Gandok didominasi oleh *Digitaria nuda*, sedangkan

di lokasi Taman Wisata Kaliurang didominasi oleh *Brachiaria reptans*. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh penelitian Natalia & Handayani (2013) yang menunjukkan bahwa TNGM di lokasi Plawangan didominasi oleh *Cromolaena odorata*, *Eupatorium riparium*, dan *Crotalaria striata*. Menurut Afrianto *et al.* (2016) *E. riparium* merupakan tumbuhan bawah yang mendominasi seluruh kawasan Gunung Merapi setelah erupsi tahun 2010.

Tumbuhan bawah yang ditemukan di lokasi terdampak sedang dan ringan cenderung lebih banyak dibandingkan lokasi terdampak berat. Kerusakan vegetasi pasca erupsi di dua lokasi tersebut tidak menyeluruh, sehingga proses suksesi relatif lebih cepat dibandingkan lokasi terdampak berat. Dua lokasi tersebut memiliki tingkat keragaman dan pemerataan yang relatif sama, meskipun komposisi spesies tumbuhan yang menyusun vegetasi relatif berbeda. Perbedaan komposisi vegetasi di tiga lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kandungan bahan organik tanah, dan tingkat gangguan yang berbeda. Hal ini sejalan dengan Mataji *et al.* 2010; Thammanu *et al.* 2021, bahwa faktor lingkungan seperti ketinggian tempat, pH tanah, dan kandungan bahan organik tanah berpengaruh secara signifikan terhadap spesies-spesies tumbuhan yang tumbuh pada ekosistem hutan.

Lokasi terdampak berat, sedang, dan ringan memiliki ketinggian tempat berturut-turut yaitu 1.154, 1.040, dan 890 mdpl. Fraksi tanah di ketiga lokasi didominasi oleh pasir. Nilai pH tanah di tiga lokasi bersifat masam, berkisar antara 5,10–5,43 (Tabel 7). Tanah dengan pH rendah memiliki kandungan Al, Mn, dan Fe tinggi, sedangkan ketersediaan unsur P dan K rendah. Defisiensi fosfor (P) dan kalium (K) dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan tanaman (Rosmarkam & Yuwono 2002). Terdapat perbedaan spesies yang mampu tumbuh pada masing-masing ketinggian tempat. Pada lokasi terdampak berat terdapat 12 spesies, sementara pada lokasi terdampak sedang dan ringan ditemukan masing-masing 20 spesies. Perbedaan ini diduga karena hanya spesies tertentu yang mampu bertahan pada lokasi terdampak berat. Erupsi Merapi berupa awan panas memberikan dampak seperti pada proses cekaman panas. Akibat cekaman panas mempengaruhi kerusakan vegetasi di atas tanah termasuk juga cadangan biji yang ada. Hasil ini sesuai dengan Ghasempour *et al.* 2022, dengan bukti berkurangnya cadangan biji akibat pengaruh kebakaran hutan.

Vegetasi di Taman Nasional Gunung Merapi telah mengalami kemajuan yang cukup setelah bencana vulkanik 8 tahun berlalu. Meskipun komposisi vegetasi berbeda, tiga lokasi tersebut berada dalam kondisi lingkungan yang stabil karena memiliki indeks

keragaman lebih dari satu ($H' > 1$). Indeks keragaman dan pemerataan dapat menunjukkan tingkat suksesi pada suatu wilayah. Nilai H' dan E pada lokasi terdampak berat paling rendah yang menunjukkan tingkat pemulihan ekosistem berlangsung lebih lambat. Lokasi terdampak berat merupakan kawasan yang pernah dilalui lahar dan lava pada erupsi tahun 2006. Erupsi tahun 2010 pada lokasi yang sama menyebabkan proses suksesi di lokasi terdampak berat berjalan lebih lambat dibandingkan lokasi terdampak sedang dan ringan. Menurut Tsuyuzaki (1991) dan Aquino *et al.* (2014) rendahnya tingkat suksesi pada suatu wilayah setelah erupsi dikarenakan kandungan unsur hara yang rendah dan ketiadaan cadangan biji di dalam tanah.

Potensi Cadangan Biji Berdasarkan Uji Perkecambahan. Potensi cadangan biji pada suatu wilayah dapat diketahui salah satunya melalui uji perkecambahan. Biji yang berhasil berkecambah merupakan biji yang berpotensi tumbuh pada wilayah tersebut saat kondisi lingkungan sesuai. Uji perkecambahan pada biji *R. brasiliensis* (Rubiaceae) memiliki jumlah biji yang berkecambah tertinggi dari cadangan biji di lokasi berat dengan jumlah mencapai 237 individu. Meskipun pada kondisi vegetasi alami tidak diperoleh spesies tersebut. *Richardia brasiliensis* juga dijumpai di lokasi terdampak sedang dan ringan dengan jumlah masing-masing sebanyak 210 dan 112 individu. *Richardia brasiliensis* merupakan gulma berdaun lebar yang dapat hidup dengan subur di wilayah perkebunan. Menurut Pariyanto *et al.* (2015) gulma ini tumbuh subur di areal perkebunan tebu dan mengganggu pertumbuhan tebu. Selain itu, gulma tersebut juga hadir di perkebunan teh (Santoso *et al.* 2009).

Jumlah spesies tumbuhan bawah yang berhasil berkecambah dari lokasi terdampak sedang dan ringan lebih banyak dibandingkan lokasi terdampak berat. Spesies dengan jumlah individu tertinggi hasil uji perkecambahan di lokasi terdampak sedang berasal dari famili Cyperaceae, sedangkan di lokasi terdampak ringan berasal dari famili Poaceae. Famili Poaceae dan Cyperaceae mempunyai kemampuan adaptasi tinggi dan akar rimpang yang kuat, penyebarannya dapat melalui biji dan umbi (Sumekar *et al.* 2017). Beberapa spesies tumbuhan yang berhasil berkecambah tidak ditemukan pada vegetasi alami. Spesies-spesies dari famili Lamiaceae, Linderniaceae, Oxallidaceae, Phyllanthaceae, dan Selaginellaceae merupakan spesies yang tumbuh di uji perkecambahan tetapi tidak dijumpai di vegetasi alami. Menurut Putri (2017) biji dapat menjadi dorman karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses perkecambahan. Biji dalam cadangan biji tetap bertahan hidup walaupun tumbuhan induknya telah mati. Biji-biji dorman pada cadangan biji akan mampu berkecambah di pembibitan sehingga

terdapat beberapa spesies tumbuhan yang terdeteksi pada uji perkecambahan tetapi tidak terdeteksi pada vegetasi alaminya.

Jumlah cadangan biji yang berhasil berkecambah di lokasi berat paling sedikit dibandingkan dua lokasi lainnya. Diduga, kesuburan tanah di lokasi terdampak berat lebih kecil daripada lokasi terdampak sedang dan ringan karena memiliki kandungan pasir tertinggi (Tabel 7). Tanah berpasir memiliki pH masam yang cenderung rendah kandungan unsur tersedia untuk pertumbuhan tanaman (Tarigan 2015). Menurut Santoso *et al.* (2009) kesuburan tanah, karakteristik biji, dan kerapatan tumbuhan dapat mempengaruhi kecepatan perkecambahan. Menurut Zuhri & Mutaqien (2011) rendahnya keterwakilan spesies pada cadangan biji terhadap keragaman tumbuhan di atasnya mengindikasikan lemahnya ekosistem tersebut untuk memulihkan kondisi setelah terjadi gangguan.

Indeks kesamaan Sorensen (IS) menggambarkan tingkat kesamaan struktur dan komposisi spesies tumbuhan yang dibandingkan. Perbedaan kondisi iklim di rumah kaca dengan kondisi iklim alami mempengaruhi spesies-spesies yang tumbuh. Ketiadaan sebagian besar spesies tumbuhan dalam bentuk cadangan biji dapat disebabkan oleh kegagalan biji untuk tumbuh saat uji perkecambahan, biji-biji tersebut tidak dapat bertahan lama di dalam tanah, serta biji yang pemencarannya melalui angin (Zuhri & Mutaqien 2011). Sumber utama cadangan biji adalah biji dari tumbuhan sebelumnya yang tumbuh dan biji yang menyebar melalui angin, air, mekanisme pecahnya biji, hewan serta manusia (Sastroutomo 1990).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan komposisi penyusun tumbuhan bawah di lokasi terdampak berat, sedang, dan ringan. Famili Poaceae mendominasi vegetasi yang tumbuh di tiga lokasi. Vegetasi di lokasi terdampak sedang dan ringan memiliki indeks keragaman dan pemerataan yang lebih tinggi daripada lokasi terdampak berat.

Sebanyak 34 spesies tumbuhan bawah hasil uji perkecambahan yang berasal dari 14 famili dengan jumlah total mencapai 2119 individu tumbuhan. Cadangan biji di lokasi terdampak berat sebanyak 7 spesies dengan jumlah total mencapai 237 individu tumbuhan bawah. Cadangan biji di lokasi terdampak sedang dan ringan masing-masing sebanyak 21 dan 33 spesies tumbuhan bawah. Kesamaan komposisi vegetasi dengan cadangan biji di tiga lokasi relatif rendah. Nilai indeks kesamaan sorensen (IS) di lokasi terdampak sedang dan ringan relatif sama dan lebih tinggi dari lokasi terdampak berat.

Rendahnya kesamaan komposisi vegetasi awal pada lokasi yang terdampak erupsi dengan hasil uji cadangan biji menunjukkan rendahnya tingkat pemulihan lahan pasca erupsi. Oleh karena itu, kesadaran masyarakat

maupun pemerintah dalam upaya restorasi masih perlu ditingkatkan. Upaya restorasi sebaiknya dilengkapi dengan informasi analisis vegetasi dan cadangan biji agar dapat berjalan lebih efektif. Evaluasi terhadap kegiatan restorasi perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat kestabilan ekosistem lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afianto WF, Hikmat A, Widyatmoko D. 2016. Komunitas floristik dan suksesi vegetasi setelah erupsi 2010 di Gunung Merapi Jawa Tengah. *Jurnal Biologi Indonesia* 12:265-276.
- Aquino CA, Sánchez LB, Gonzâles OP. 2014. Soil seed bank, seed removal, and germination in a seasonally dry tropical forest in Veracruz, Mexico. *Bot. Sci* 92:111-121.
- Augusto L, Dupouey JL, Ranger J. 2002. Effect of tree species on understorey vegetation and environmental conditions in temperate forest. *Annals of Forest Science* 59:233-253.
- Bridson D, Forman L. 1998. The Herbarium Handbook. 3rd ed. London (UK): Royal Botanic Gardens, Kew.
- del Moral R, Grishin SY. 1999. Volcanic Disturbances and ecosystem recovery. *Ecosystem of Disturbed Ground* 5:137-160.
- Espinar JL, Thompson K, García LV. 2005. Timing of seed dispersal generates a bimodal seed bank depth distribution. *Amer J Bot* 92:1759-1763.
- Fujiyanto Z, Prihastanti E, Haryanti S. 2015. Karakteristik kodisi lingkungan, jumlah stomata, morfometri alang-alang yang tumbuh di daerah padang terbuka di Kabupaten Blora dan Ungaran. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 23:48-53.
- Ghasempour M, Erfanzadeh R, Török P. 2022. Fire effects on soil seed banks under different woody plant species in Mazandaran province, Iran. *Ecological Engineering* 183:1-10.
- Gunawan H, Sugiarti, Wardani M, Tata MHL, Prajadinata S. 2013. Restorasi Ekosistem Gunung Merapi Pasca Ekosistem. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.
- Hilwan I, Mulyana D, Pananjung WD. 2013. Keanekaragaman spesies tumbuhan bawah pada tegakan Sengon Buto (*Enterolobium cyclocarpum* Griseb.) dan Trembesi (*Samanea saman* Merr.) di Lahan Pasca Tambang Batubara PT Kitadin, Embalut, Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Silviculture Tropika* 4:6-10.
- Jiang P, Meinzer FC, Wang H, Dai X, Meng S, Kou L, Chen Y, Fu X. 2022. Spatio-temporal variation in deep soil water use patterns of overstorey and understorey layers in subtropical plantations predicts community assembly. *J of ecologi* 110:2998-3011.
- Kent M, Paddy C. 1992. Vegetation Description and Analysis A Practical Approach. London (UK): Belhaven Press.
- Kumar P. 2018. Patterns and mechanisms of understorey vegetation associated with stand development in boreal forests [Thesis]. Orillia: Lakehead University.
- Kusmana C. 1997. Metode Survey Vegetasi. Bogor: IPB Press.
- Maisyaroh W. 2010. Structure of ground cover plant community R. Soerjo Grand Forest Malang. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari* 1:1-9.
- Marhaento H, Kurnia AN. 2015. Refleksi 5 tahun pasca erupsi gunung Merapi 2010: menaksir kerugian ekologis di kawasan Taman Nasional Gunung Merapi. *Journal of Geomatics and Planning* 2:69-81.
- Mataji A, Moarefvand P, Kafaki BS, Kermanshahi MM. 2010. Understorey vegetation as environmental factors indicator in forest ecosystems. *J Environ Sci Tech* 7:629-638.
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. Aims and Methods of vegetation Ecology. New York (US): John Willey and Sons, Inc.
- Nadirman I. 2013. Keanekaragaman tumbuhan bawah pasca erupsi merapi di Taman Nasional Gunung Merapi, Yogyakarta [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Natalia D, Handayani T. 2013. Analisis vegetasi strata semak di Plawangan Taman Nasional Gunung Merapi Pasca Erupsi Merapi 2010. *Jurnal Bioedukatika* 1:62-71.
- Odum EP. 1996. Dasar-Dasar Ekologi (T. Samingan, Terjemahan). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Pariyanto A, Sembodo DRJ, Sugiatno. 2015. Efikasi herbisida flumioxazin pada gulma pertanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) lahan kering keprasan 1. *J Agrotek Tropika* 3:99-105.
- Pasaribu PO, Prasetyo A, Reforina A, Ningrum AC, Rizky MH, Asharo RK, Priambodo R, Rizkawati V. 2021. Komposisi dan keanekaragaman tumbuhan bawah di kawasan yang terkena dan tidak terkena erupsi di Taman Nasional Gunung Merapi, Yogyakarta. *BIOMA* 17:37-46.
- Pudjiharta A, Widyati E, Adalina Y, Syafruddin HK. 2008. Kajian teknik rehabilitasi lahan alang-alang. *Info Hutan* 5:219-230.
- Putri WU. 2017. Analisis vegetasi dan simpanan biji di dalam tanah pada dua ekosistem karst di Bogor [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rosmarkam A, Yuwono NW. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Santoso E, Zaman S, Puspitasari ID. 2009. Simpanan biji gulma dalam tanah di perkebunan teh pada berbagai tahun pangkas. *J Agron Indonesia* 37:46-54.
- Sastroutomo SS. 1990. Ekologi Gulma. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sumekar Y, Umiyati U, Kusmiyati. 2017. Keragaman gulma dominan pada pertanaman wortel (*Daucus carota* L.) di Kabupaten Garut. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan* 5:93-103.
- Soerjani M, Kostermans AJGH, Tjirosoepomo G. 1987. Weeds of Rice in Indonesia. Bogor: BIOTROP.
- Steenis CGGJ van. 2010. Flora Pegunungan Jawa. Bogor: LIPI.
- Tarigan A. 2015. Rehabilitasi lahan pertanian tertutup abu vulkanik erupsi gunung Sinabung. *Jurnal Pertanian Tropik* 26:220-227
- Thammanu T, Marod D, Han H, Bhusal N, Asanok L, Ketdee P, Gaewsingha N, Lee S, Chung J. 2021. The influence of environmental factors on species composition and distribution in a community forest in Northern Thailand. *J For Res* 32:649-662.
- Tsuyuzaki S. 1991. Species turnover and diversity during early stages of vegetation recovery on the volcano Usu, northern Japan. *Journal of Vegetation Science* 2:301-306.
- Qiao Y, Miao S, Silva LCR, Horwath WR. 2014. Understorey species regulate litter decomposition and accumulation of C and N in forest soils: A long-term dual-isotope experiment. *Forest ecology and management* 329:318-332.
- Zobel M, Kalamees S, Pussa K, Roosaluuste E, Moora M. 2007. Soil seed bank and vegetation in mixed coniferous forest stands with different disturbance regimes. *Forest Ecology and Management* 250:71-76.
- Zuhri M, Mutaqien Z. 2011. Potensi cadangan biji di dalam tanah pada hutan sekunder Wornojiwo. Prosiding Seminar nasional HUT Kebun Raya Cibodas ke-159: 259-264.