

# Perbandingan komposisi dan keanekaragaman jenis yang berasal dari *soil seedbank* pada kawasan yang terganggu dan tidak terganggu erupsi 2010 di Gunung Merapi, Yogyakarta

## Comparison of species composition and diversity originating from soil seedbank on the disturbed and undisturbed regions by 2010 eruption in Mt. Merapi, Yogyakarta

SUTOMO<sup>1\*</sup>, DINI FARDILA<sup>2</sup>, ARIEF PRIYADI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya "Eka Karya" Bali, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Candikuning, Baturiti, Tabanan 82191, Bali. Tel. +62-368-2033211, \*email: sutomo.uwa@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Biologi UIN Syarif Hidayatullah, Jl. Ir. H. Juanda, Tangerang Selatan, Banten

Manuskrip diterima: 5 Februari 2015. Revisi disetujui: 28 April 2015.

**Abstrak.** Sutomo, Fardila D, Priyadi A. 2015. Perbandingan komposisi dan keanekaragaman jenis yang berasal dari *soil seedbank* pada kawasan yang terganggu dan tidak terganggu erupsi 2010 di Gunung Merapi, Yogyakarta. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 721-726*. Gunung Merapi merupakan salah satu gunung api teraktif di Indonesia yang berada di Pulau Jawa dan erupsi yang periodik telah menyebabkan kerusakan dan kematian berbagai jenis vegetasi di kawasan tersebut. Namun demikian, beberapa jenis tumbuhan memiliki kemampuan untuk beregenerasi, salah satunya melalui mekanisme *seed bank*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dan keanekaragaman jenis biji yang berada di dalam tanah berupa *seed bank* di daerah yang terkena erupsi Gunung Merapi tahun 2010 (Kalikuning) jika dibandingkan dengan daerah yang tidak terkena dampak erupsi (Kaliurang). Sampel tanah diambil sebanyak 12 titik pada masing-masing lokasi, dengan ukuran plot 20 cm x 20 cm x 5 cm, yang diambil secara acak yaitu di daerah Kalikuning dan Kaliurang. Selanjutnya dilakukan pengukuran kondisi tanah yang meliputi temperatur tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah. Sampel tanah kemudian disimpan di dalam kantong kain dan disimpan di dalam *screenhouse* untuk dkecambahkan. Tanah sampel disebar di atas nampan plastik/bak semai berukuran 40 cm x 30 cm dengan kedalaman 2-2,5 cm. Nampan/bak semai ditempatkan secara acak di rumah kaca dan dipertahankan kelembaban tanahnya dengan disiram menggunakan *sprayer* setiap 1-2 hari sekali. Dari hasil analisis ordinasi diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan ( $R_{ANOSIM} = 0.622$ ) dalam hal komposisi jenis biji berupa *seed bank* antara kawasan yang terkena erupsi dengan kawasan yang tidak terkena erupsi. Di kawasan yang tidak terkena erupsi, jenis dari suku Asteraceae mendominasi, kemudian diikuti oleh jenis dari suku Poaceae. Sementara itu di kawasan yang terkena erupsi, komposisinya berupa Asteraceae yang diikuti oleh jenis dari suku Fabaceae, Cyperaceae, dan Poaceae. Namun demikian, keanekaragaman jenis biji berupa *seed bank* di lokasi yang terkena dampak erupsi lebih rendah dengan nilai indeks  $H'$  sebesar 1,59 jika dibandingkan dengan lokasi yang tidak terkena dampak erupsi dengan nilai indeks  $H'$  sebesar 1,64.

**Kata kunci:** Erupsi 2010, Gunung Merapi, Kalikuning, Kaliurang, *soil seed bank*

**Abstract.** Sutomo, Fardila D, Priyadi A. 2015. Comparison of species composition and diversity originating from soil seed bank on disturbed and undisturbed regions by 2010 eruption in Mt. Merapi, Yogyakarta. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 721-726*. Merapi Mountain is one of most active volcanos in Indonesia, which is located in Java island. The frequently occurred eruption has a detrimental effect on vegetation in this area. However, there are some species which have the capability to regenerate, and seed bank is one of the alternatives mechanism to preserve them. This research aimed to investigate the species composition and diversity in seed bank at disturbed region by 2010 eruption (Kalikuning) compared to the undisturbed region (Kaliurang). Twelve (12) soil samples were collected randomly from each of the sites. The plot size was 20 cm x 20 cm x 5 cm. Soil condition measurements were temperature, moisture content, and pH. Subsequently, samples were put in a cloth bag and kept in a greenhouse for germination. Soil samples were sown in plastic pots/germination boxes holding 40 cm x 30 cm area and 2-2.5 cm depth. Plastic pots/ germinations boxes were placed randomly in the greenhouse and moisture content of the soil was adjusted by spraying water every 1-2 day(s). The analysis of result showed that there was a significant difference ( $R_{ANOSIM} = 0.622$ ) in term of seed species composition between disturbed and undisturbed region. Species of Asteraceae family dominate the undisturbed region following by species from Poaceae while, at the disturbed region, Asteraceae, Fabaceae, Cyperaceae, and Poaceae exist almost equivalently. However, species diversity in seed bank was less at the disturbed region, occupying  $H'$  index 1.59 compared to 1.64 in undisturbed counterpart.

**Keywords:** Kalikuning, Kaliurang, Mt. Merapi, soil seed bank, 2010 eruption

### PENDAHULUAN

Erupsi Gunung Merapi dengan tipe piroklastiknya dapat menyebabkan suksesi primer akibat endapan material padatnya, namun erupsi tersebut juga dapat menyebabkan

suksesi sekunder melalui embusan awan panas yang suhunya dapat mencapai 300°C dan membakar vegetasi yang dilewatinya (Sutomo dan Fardilla 2013). Kebakaran hutan ini dapat menyebabkan kerusakan dan kematian vegetasi. Namun demikian, kebakaran hutan akibat erupsi

jugadapat menciptakan kondisi yang sesuai bagi perkecambahan biji dan tumbuhnya anakan-anakan baru secara alamiah dari jenis-jenis yang teradaptasi terhadap api (*fire adapted species*) dan jenis-jenis awal suksesi (*early-succession species*).

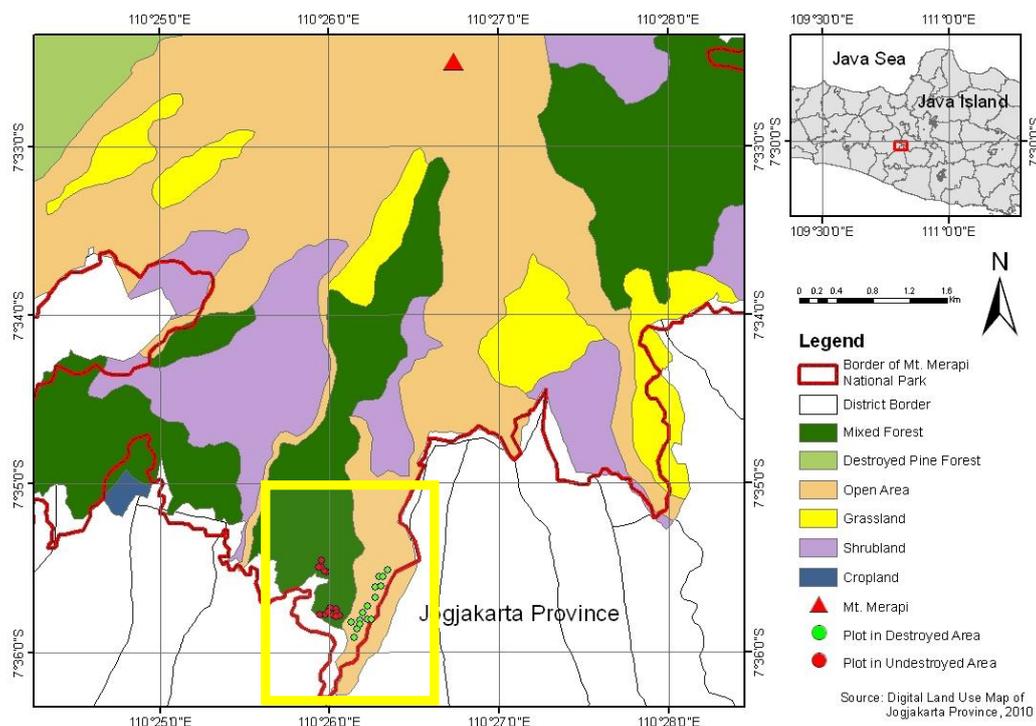
Agregasi dari biji yang viabel yang terkubur di dalam tanah, di permukaan tanah, atau lapisan serasah, dan berpotensi mampu menggantikan tanaman dewasa disebut *seed bank* (Baker 1989). Tumbuhnya individu baru untuk membentuk suatu populasi tergantung pada *seed bank* yang berada di dalam tanah. Biji-biji tersebut akan tetap dorman sampai kondisi menguntungkan bagi perkecambahan dan pertumbuhan biji (Alvarez-Aquino et al. 2005). Individu-individu baru yang tumbuh dapat berasal dari biji yang terdapat di daerah itu sendiri ataupun berasal dari luar wilayah. Pemencaran biji-biji tersebut dapat terjadi dengan bantuan angin, air, ataupun perantara hewan (Epp 1987). Input *seed bank* biasanya ditentukan oleh *seed rain*. Dalam komunitasnya, biji yang berasal dari daerah di sekitarnya akan lebih mendominasi, namun dapat pula terjadi biji yang mendominasi adalah jenis yang berasal dari luar wilayah (Turner 2001). Angin, air, dan hewan merupakan faktor yang sangat penting dalam penyebaran biji ke luar wilayah. Tingkatan-tingkatan dalam proses penting ini selanjutnya akan menciptakan dinamika *soil seed bank* (Grime 1989).

Kebakaran hutan dapat menyebabkan terjadinya suksesi ke arah pembentukan formasi vegetasi dengan jenis-jenis biji yang tahan api (Galíndez et al. 2013; Lemmenih dan Taketay 2006). *Soil seed bank* yang merupakan mode regenerasi alami vegetasi, dapat berpotensi untuk

digunakan sebagai alat dalam kegiatan rehabilitasi maupun restorasi lahan pascaerupsi (Sutomo et al. 2014; van der Valk dan Pederson 1989). *Soil seed bank* dapat memperkaya dan mempercepat proses suksesi sekunder pascaerupsi Gunung Merapi (Sutomo et al. 2014). Untuk mengetahui jenis-jenis biji yang terkubur di dalam tanah yang berpotensi menggantikan tanaman dewasa setelah dua tahun erupsi Gunung Merapi, perlu dilakukan penelitian tentang *soil seed bank* di kawasan Taman Nasional Gunung Merapi.

## BAHAN DAN METODE

Gunung Merapi terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan letak geografis di antara  $7^{\circ} 32,5'$  LS dan  $110^{\circ} 26,5'$  BT. Aktivitas gunung api ini terekam dengan baik sejak tahun 1768. Gunung Merapi dikenal sebagai gunung api teraktif di dunia. Karakteristik erupsinya bersifat aktif permanen, yaitu guguran kubah lava atau lava pijar yang membentuk aliran piroklastik (awan panas) atau *nuee ardentes*, yang dalam bahasa setempat dikenal dengan sebutan “wedhus gembel”. Peristiwa ini dipicu oleh tekanan dari dalam ataupun akibat gaya gravitasi yang bekerja pada kubah lava yang berada pada posisi tidak stabil (pada dasar kawah lama yang miring) (Bardintzeff 1984). Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari-Juni 2012 di kawasan Taman Nasional Gunung Merapi, Yogyakarta. Pengambilan data dilaksanakan di lokasi yang terkena gangguan vulkanik pascaerupsi Gunung Merapi tahun 2010 yaitu di Kalikuning, serta di daerah Kaliurang sebagai kawasan yang tidak terkena gangguan vulkanik (Gambar 1).



**Gambar 1.** Peta lokasi pengambilan sampel di kawasan Gunung Merapi yang ditunjukkan dengan titik-titik lingkaran berwarna merah dan hijau. Lingkaran hijau menandakan areal yang terkena dampak aliran piroklastik (Kalikuning). Adapun titik-titik lingkaran berwarna merah menandakan areal yang tidak terkena dampak erupsi (Kaliurang).

Sampel tanah diambil sebanyak 12 titik pada masing-masing lokasi, dengan ukuran plot 20 cm x 20 cm x 5 cm, yang diambil secara acak di daerah Kalikuning dan Kaliurang. Total seluruh sampel tanah yang diambil berjumlah 24 sampel tanah. Sampel tanah kemudian dimasukkan ke dalam kantong kain dan disimpan di dalam *screenhouse* untuk dikecambahkan. Setelah pengumpulan sampel, sampel tanah ditempatkan dalam *screenhouse* di bawah naungan jaring hitam kasar atau *paranet* di Kebun Benih Induk Ragunan. Intensitas cahaya di dalam *screenhouse* diatur berkisar 15-20% dengan sinar matahari penuh. Di dalam *screenhouse*, suhu udara juga diatur agar lebih rendah 0,4°C dibanding suhu di luar *screenhouse*. Empat sampel tanah dari masing-masing plot di-*autoclave* pada suhu 120°C selama 1 jam dan digunakan sebagai kontrol untuk mendeteksi kontaminasi melalui angin yang menyebarkan biji dari vegetasi di sekitar *screenhouse*. Tanah dari 20 sampel yang tersisa dari dua lokasi yang berbeda, disebar di atas 20 nampan plastik/bak semai berukuran 40 cm x 30 cm dengan kedalaman 2-2,5 cm. Nampan/bak semai ditempatkan secara acak di rumah kaca dan dipertahankan kelembaban tanahnya dengan cara disiram menggunakan *sprayer* setiap 1-2 hari sekali. Biji yang telah berkecambah kemudian diidentifikasi sampai tingkat jenis atau marga. Kecambah yang belum dapat diidentifikasi ditandai dan dibiarkan tumbuh sampai kecambah tersebut dapat diidentifikasi. Proses pengidentifikasian ini dilakukan setiap 2 minggu sekali pada setiap nampan/bak semai selama 5 bulan dari bulan Februari sampai Juni 2012. Proses identifikasi jenis biji menggunakan buku panduan Flora Pegunungan Jawa oleh Van Steenis (2006).

Penghitungan Indeks Nilai Penting (INP) dilakukan untuk mengetahui dominansi jenis semai pada lokasi penelitian. Indeks nilai penting (INP) menggunakan parameter nilai kerapatan relatif dan frekuensi relatif yang dihitung untuk setiap jenis semai. Selanjutnya dilakukan pula penghitungan keanekaragaman jenis dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon ( $H'$ ), dengan rumus:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan komposisi jenis semai yang berasal dari *soil seed bank* pada masing-masing lokasi, data kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of similarities* (ANOSIM) untuk membandingkan komposisi jenis biji dari kedua lokasi. Untuk mengetahui pola ordinasasi dari komposisi *soil seed bank* yang berada di lokasi sampel dilakukan analisis *Non-Metric Multidimensional Scaling* (NMDS) dengan menggunakan *Software* Ekologi PRIMER V.6 (Clarke et al. 2008).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

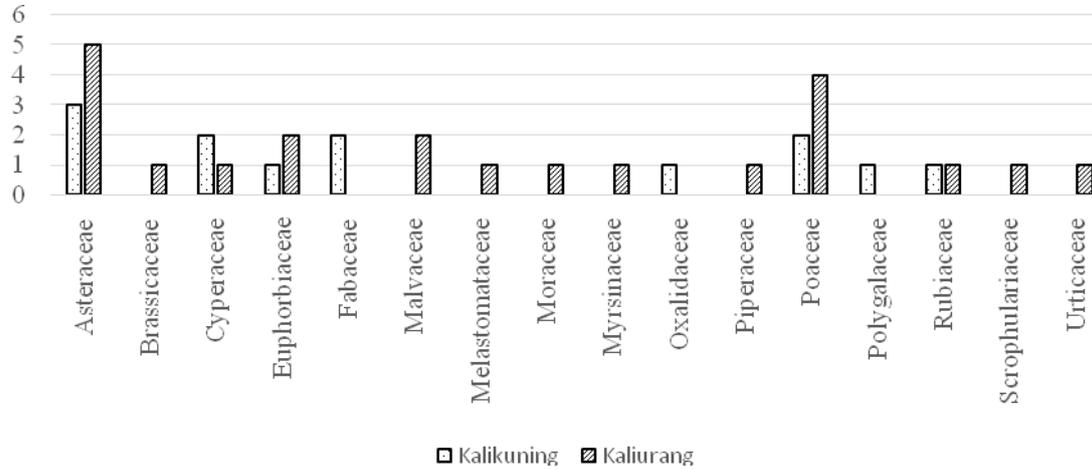
Berdasarkan hasil perkecambahan *seed bank* dari kedua lokasi pengambilan sampel tercatat sebanyak 1.439 individu yang berkecambah. Dari seluruh *seed bank* yang berkecambah teridentifikasi 31 jenis tumbuhan berbiji, 2 jenis tumbuhan paku, dan 1 jenis lumut. Empat jenis tumbuhan berbiji dan satu jenis lumut yang sama tumbuh pada kedua lokasi penelitian. Keempat jenis tumbuhan berbiji tersebut terdiri atas *Eupatorium riparium* (Asteraceae), *Phyllanthus urinaria* (Euphorbiaceae), *Saccharum spontaneum* (Poaceae), dan *Cyperus rotundus* (Cyperaceae), sedangkan satu jenis lumut yaitu *Marchantia polymorpha* (Marchantiaceae) atau biasa disebut dengan lumut hati (Hepaticae). Dominansi jenis-jenis biji yang terdapat di dalam tanah berupa *seed bank* di daerah Kalikuning dan Kaliurang, dapat dilihat berdasarkan hasil perhitungan INP masing-masing jenis biji yang tersaji dalam Tabel 1. Jenis biji yang dominan adalah jenis biji yang memiliki nilai INP tertinggi. Sebanyak 31 jenis biji yang diperoleh termasuk ke dalam 16 suku tumbuhan. Di daerah Kaliurang, jumlah suku dari jenis biji yang tumbuh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah suku di daerah Kalikuning (Gambar 2). Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener jenis biji di daerah Kalikuning (1,59) lebih rendah dibandingkan dengan jenis biji di lokasi Kaliurang (1,64). Berdasarkan nilai indeks tersebut, keanekaragaman pada kedua lokasi pengambilan sampel tersebut (Kalikuning dan Kaliurang) termasuk dalam kategori sedang, karena kedua lokasi tersebut memiliki nilai  $H'$  yaitu  $1 \leq H' < 3$ .

Keanekaragaman tumbuhan juga dapat terlihat dari persentase keanekaragaman habitus jenis biji yang berkecambah pada masing-masing lokasi. Habitus dari masing-masing jenis biji yang berasal dari *seed bank* pada kedua daerah pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat persentase dari habitus jenis biji yang tumbuh pada proses perkecambahan.

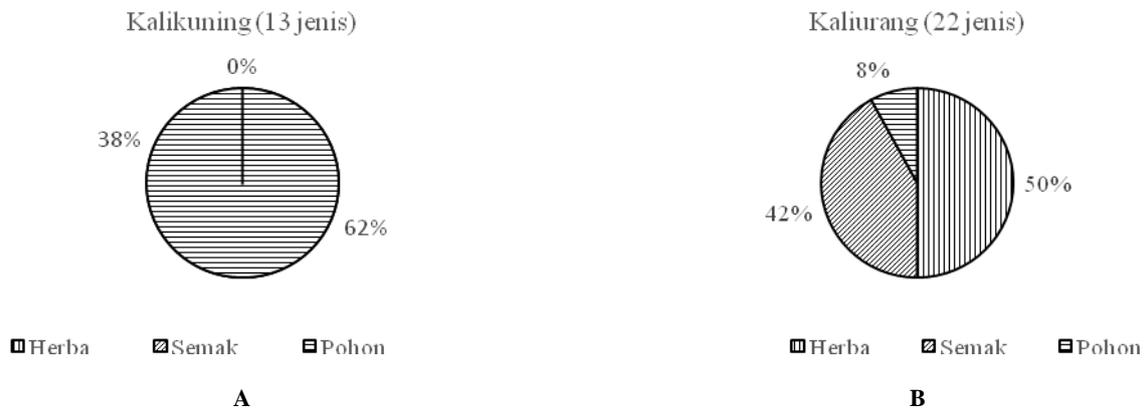
**Tabel 1.** Sepuluh jenis biji dengan nilai INP tertinggi di daerah Kalikuning dan Kaliurang, kawasan TN Gunung Merapi

Nama Ilmiah	$\Sigma$ Individu	KR (%)	FR (%)	INP (%)
<b>Kalikuning</b>				
<i>Borreria occimoides</i>	73	39,67	21,85	61,52
<i>Cyperus rotundus</i>	15	8,15	18,73	26,88
<i>Cyperus flavidus</i>	37	20,11	6,24	26,35
<i>Ageratum conyzoides</i>	35	19,02	6,24	25,27
<i>Eupatorium riparium</i>	5	2,72	12,48	15,20
<i>Lactuca rostrata</i>	6	3,26	9,36	12,62
<i>Oxalis corniculata</i>	4	2,17	6,24	8,42
<i>Crotalaria micans</i>	3	1,63	3,12	4,75
<i>Polygala paniculata</i>	2	1,09	3,12	4,21
<i>Arachis hypogeal</i>	1	0,54	3,12	3,66
<b>Kaliurang</b>				
<i>Eupatorium riparium</i>	207	55,05	19,58	74,64
<i>Cardamine hirsuta</i>	50	13,30	6,53	19,83

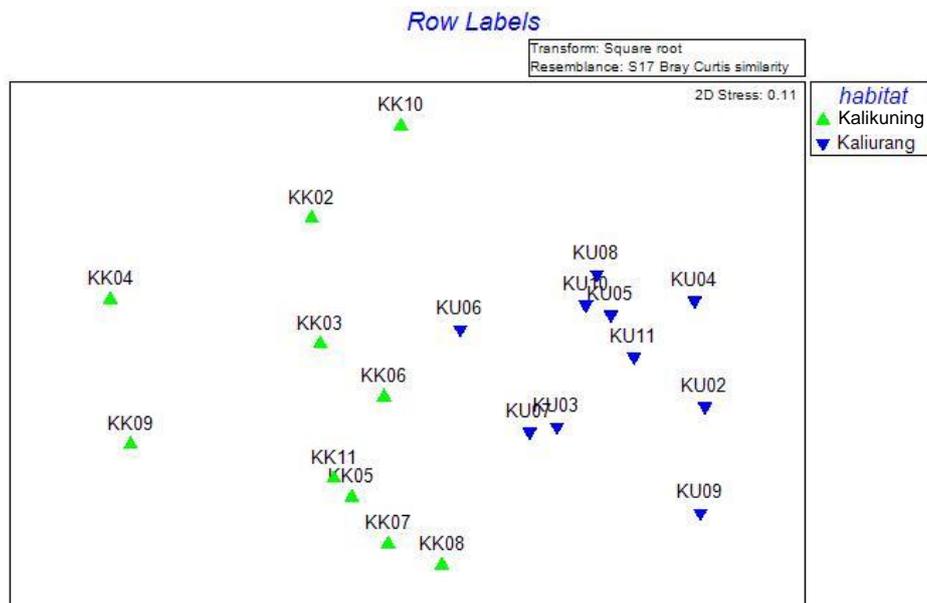
<i>Saccharum spontaneum</i>	9	2,39	8,70	11,10	<i>Maesa tetrandra</i>	6	1,60	4,35	5,95
<i>Spermacoce mauritiana</i>	31	8,24	2,17	10,42	<i>Sida rhombifolia</i>	6	1,60	4,35	5,95
<i>Oplismenus compositus</i>	14	3,72	6,53	10,25					
<i>Eupatorium odoratum</i>	15	3,99	4,35	8,34					
<i>Cyperus rotundus</i>	4	1,06	6,53	7,59					
<i>Eupatorium inulifolium</i>	8	2,13	4,35	6,48					



**Gambar 2.** Grafik perbedaan komposisi famili (suku) tumbuhan yang berasal dari *soil seed bank* di areal pengambilan sampel (Kalikuning dan Kaliurang) kawasan Taman Nasional Gunung Merapi



**Gambar 3.** Persentase perbandingan keanekaragaman habitus jenis biji di daerah Kalikuning dan Kaliurang, kawasan TN Gunung Merapi



**Gambar 4.** Hasil analisis ordinasasi NMDS dengan data kelimpahan dan komposisi jenis tumbuhan dari *soil seed bank* pada masing-masing lokasi pengambilan sampel.

Persentase habitus jenis biji dari urutan paling banyak pada kedua lokasi adalah jenis biji yang berasal dari habitus herba kemudian semak dan paling sedikit pohon. Pada sampel yang diambil dari daerah Kalikuning, tidak ada biji dari jenis pohon yang berkecambah. Hal ini senada dengan apa yang disampaikan oleh Honda (2008) bahwa jenis-jenis tumbuhan berumur pendek cenderung lebih banyak mengalokasikan biji dalam *seed bank* dibandingkan jenis tumbuhan tahunan.

Berdasarkan grafik ordinasasi NMDS (Gambar 4), terlihat bahwa terjadi pengelompokan di antara kedua lokasi. Gambar tersebut juga memperlihatkan adanya pemisahan titik-titik antara lokasi Kalikuning dengan lokasi Kaliurang. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan dalam kelimpahan maupun komposisi jenis biji pada kedua lokasi penelitian. Berdasarkan hasil uji ANOSIM yang ditunjukkan pada Gambar 4, terdapat perbedaan yang signifikan terhadap komposisi jenis biji antarlokasi di daerah Kalikuning dengan Kaliurang. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada tingkat signifikansi  $p < 0,001$  dengan taraf perbedaan  $R$  hampir 0,7. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variasi yang besar antara kedua lokasi penelitian dalam hal karakteristik habitat dan komposisi serta kelimpahan jenis biji yang terdapat di dalamnya.

Jenis biji di daerah Kaliurang lebih beragam daripada Kalikuning, hal ini diduga dikarenakan di daerah Kaliurang masih banyak terdapat pohon induk. Keberagaman jenis biji di daerah Kaliurang diduga juga disebabkan oleh adanya hewan-hewan yang berperan sebagai pemencar biji seperti burung, kera, dan tupai melalui kotorannya (Calviño-Cancela et al. 2006). Jika tidak ada hewan yang memencarkan biji, biji dari tumbuhan induk akan jatuh dan tumbuh di sekitar pohon induk. Pada lokasi Kalikuning yang terkena langsung dampak erupsi Gunung Merapi, jenis biji yang ditemukan lebih sedikit dibandingkan dengan jenis biji di daerah Kaliurang. Hal ini diduga disebabkan akibat letusan Gunung Merapi yang

menyemburkan material abu vulkanik dengan disertai awan panas sehingga menyebabkan kerusakan dan kematian massal bagi berbagai jenis vegetasi pohon induk di kawasan Kalikuning. Oleh karena itu, hanya jenis biji yang teradaptasi terhadap api (*fire adapted species*) dan jenis awal suksesi (*early-succession species*) yang dapat tumbuh menjadi anakan-anakan baru secara alamiah (Cayuela et al. 2006). Kondisi tanah yang terdapat pada kedua lokasi penelitian juga sangat berpengaruh terhadap kemampuan perkecambahan biji yang terdapat di dalam tanah. Biji yang viabel akan mampu berkecambah apabila kondisi lingkungannya sesuai (Honda 2008). Lokasi Kaliurang memiliki kondisi yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan kondisi di Kalikuning. Suhu tanah dan pH tanah masing-masing sebesar  $20,1^{\circ}\text{C}$  dan 6,8 dengan kelembaban tanah sebesar 35,2% yang ditunjukkan pada hasil rata-rata pengukuran faktor fisik di Kaliurang. Sementara itu, hasil rata-rata pengukuran faktor fisik di Kalikuning yaitu suhu tanah dan pH tanah masing-masing sebesar  $21,6^{\circ}\text{C}$  dan 7,0 dengan kelembaban tanah sebesar 14,2%.

Persentase habitus jenis biji terbanyak di lokasi Kalikuning adalah jenis biji yang berasal dari habitus herba. Hal ini diduga biasanya karena hutan yang baru mengalami suksesi ditandai dengan adanya tumbuhan pionir dan tumbuhan kecil lainnya seperti herba dan semak (del Moral et al. 2010). Hal ini diduga karena pada lokasi Kalikuning sudah banyak biji dari habitus herba dan semak yang telah tumbuh terlebih dahulu di lapangan, serta didukung dengan kondisi lapangan yang terbuka yang menyebabkan tingginya kecepatan angin sehingga memungkinkan penyebaran biji melalui angin. Pada kedua daerah lokasi penelitian yaitu Kalikuning dan Kaliurang, persentase habitus lebih banyak berupa tanaman perdu, salah satunya adalah *Eupatorium riparium* atau biasa disebut dengan nama “irengan”. Hal ini dapat disebabkan karena biji jenis ini merupakan jenis invasif yaitu jenis yang memiliki kemampuan untuk dapat berkembang pesat,

diduga biji jenis tumbuhan ini memiliki pengaruh penyerapan nutrisi yang besar di dalam tanah. Jenis tumbuhan pionir, terutama jenis eksotis, umumnya memiliki karakteristik invasif yang tidak diinginkan yang dapat merusak ekosistem. *Eupatorium riparium* telah terbukti memiliki kecenderungan untuk menjadi lebih dominan sehingga dapat menghambat pertumbuhan jenis tumbuhan lain (Kunwar 2003).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Angga, mahasiswa Jurusan Biologi, FST UIN Jakarta, dan Gunawan dari Taman Nasional Gunung Merapi, atas bantuannya dalam penelitian ini. Penelitian ini didukung oleh Rufford Foundation for Conservation, 2012.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez-Aquino C, Williams-Linera G, Newton AC. 2005. Disturbance effects on the seed bank of Mexican cloud forest fragments. *Biotropica* 37: 337-342.
- Baker HG. 1989. Some aspects of the history of seed banks. In: Leck MA, Parker VT, Simpson RL (eds). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, California.
- Bardintzeff JM. 1984. Merapi volcano (Java, Indonesia) and Merapi-type nees ardentis. *Bull Volcanol* 47: 433-446.
- Calviño-cancela M, Dunn R, van Etten EJ, Lamont B. 2006. Emus as non standard seed dispersers and their potential for long distance dispersal. *Ecography* 29: 632-640.
- Cayuela L, Golicher DJ, Benayas J et al. 2006. Fragmentation, disturbance and tree diversity conservation in tropical montane forests. *ApplEcol* 43: 1172-1181.
- Clarke KR, Somerfield PJ, Gorley RN. 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *J Exp Mar Biol Ecol* 366: 56-69.
- del Moral R, Saura JM, Emenegger JN. 2010. Primary succession trajectories on a barren plain, mount St. Helens, Washington. *J Veg Sci*: 1-11.
- Epp GA. 1987. The seed bank of *Eupatorium odoratum* along a successional gradient in a tropical rain forest in Ghana. *Trop Ecol* 3: 139-149.
- Galiñdez G, Ortega-baes P, Scopel AL, Hutchings MJ. 2013. The dynamics of three shrub species in a fire-prone temperate savanna: the interplay between the seed bank, seed rain and fire regime. *Plant Ecol* 214: 75-86.
- Grime JP. 1989. Seed bank in ecological perspective. In: Leck MA, Parker VT, Simpson RL (eds). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, California.
- Honda Y. 2008. Ecological correlations between the persistence of the soil seed bank and several plant traits, including seed dormancy. *Plant Ecol* 196: 301-309.
- Kunwar RM. 2003. Invasive alien plants and *Eupatorium*: biodiversity and livelihood. *Him J Sci* 1: 129-133.
- Lemmenih M, Taketay D. 2006. Changes in soil seed bank composition and density following deforestation and subsequent cultivation of a tropical dry Afromontane forest in Ethiopia. *Trop Ecol* 47: 1-12.
- Sutomo, Fardilla D. 2013. Floristic composition of groundcover vegetation after the 2010 pyroclastic fire on mount Merapi. *J Manaj Hut Trop* 19: 54-62.
- Sutomo, van Etten E, Fardilla D. 2014. Changes in soil seed bank species composition following the 2010 eruption of mount Merapi volcano, Yogyakarta Indonesia. In: Mucina L, Price J, Kalwij JM(eds). *Biodiversity & Vegetation: Patterns, Processes, Conservation*. Int Assoc for Veg Sci - Kwongan Foundation, Perth.
- van der Valk AG, Pederson RL. 1989. Seed banks and the management and restoration of natural vegetation. In: Leck MA, Parker VT, Simpson RL(eds). *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, California.