

ESTIMASI JUMLAH DAN KOMPOSISI SIMPANAN BIJI DALAM TANAH DI SAVANA BEKOL TAMAN NASIONAL BALURAN JAWA TIMUR

(Estimating The Abundance and Composition of Soil Seed Bank at Bekol Savanna in Baluran National Park, West Java)

Nurmuliayanti Muis^{1*}, Titiek Setyawati², Sukisman Tjitrosoedirdjo³, dan Y.M.D. Ratnadewi⁴

^{1*}Program Pascasarjana, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

Jl. Raya Darmaga, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, Telp +62-251-8628448/8622961- Jawa Barat, Indonesia

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Jl. Gunung Batu, Bogor 16610, Telp/Faks +622518633637- Jawa Barat, Indonesia

³SEAMEO BIOTROP

Jl. Raya Tajur Km.6, Pakuan, Bogor Selatan, Bogor, 16134 Telp/Faks +622518323848 - Jawa Barat, Indonesia

⁴Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB)

Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Telp/Faks +622518622833- Jawa Barat, Indonesia

Article Info

Article History:

Received 14 January 2018; received in revised form 10 July 2018; accepted 11 July 2018.

Available online since 31 August 2018

Kata Kunci:

Biji dalam tanah
Gulma berdaun lebar
Acacia nilotica

Keywords:

Soil seed bank
Broadleaved
Acacia nilotica

ABSTRAK

Komposisi simpanan biji dalam tanah dapat menggambarkan kondisi vegetasi tumbuhan di masa lalu serta dapat memprediksi komposisi tumbuhan yang tumbuh di masa yang datang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah dan komposisi simpanan biji dalam tanah di Savana Bekol, Taman Nasional Baluran. Sampel tanah diambil dengan menggunakan metode kombinasi antara kuadrat-transek pada vegetasi yang terinvasi dan tidak terinvasi oleh *Acacia nilotica*. Sampel tanah diekstraksi dengan menggunakan metode *Wet-sieving*. Setelah proses ekstraksi, biji diidentifikasi dan dihitung menggunakan mikroskop stereo. Hasil estimasi menunjukkan bahwa kepadatan simpanan biji dalam tanah lebih rendah di lokasi yang terinvasi (7.566,88 biji/m³) dibandingkan dengan lokasi yang tidak terinvasi (16.798,3 biji/m³). Komposisi simpanan biji dalam tanah yang ditemukan pada lokasi terinvasi terdiri dari 12 spesies gulma berdaun lebar dan 5 spesies rumput dari 7 famili, sedangkan pada lokasi tidak terinvasi terdiri dari 10 spesies gulma berdaun lebar dan 7 spesies rumput dari 8 famili. Studi ini menunjukkan bahwa invasi *A. nilotica* berpengaruh nyata terhadap jumlah dan komposisi simpanan biji dalam tanah di berbagai kedalaman tanah di Savana Bekol.

ABSTRACT

*The composition of soil-seed bank reflects the condition of vegetation in the past and could be used for predicting the composition of plants that will grow in the future. This study aims to determine the amount and composition of soil-seed bank in Bekol savanna, Baluran National Park. Soil samples were taken using a combination method of quadrat-transect on the invaded and not invaded areas by *Acacia nilotica*. Soil samples were extracted using wet-sieving method. After the extraction process, the seeds were identified and calculated using a stereo microscope. The result showed that soil-seed bank density was lower at the invaded location (7,566.88 seeds/m³) as compared to the uninvaded location (16,798.3 seeds/m³). The soil-seed bank was found in the invaded site comprising 12 species of broadleaved weeds and 5 species of grasses from 7 families, whereas those in the uninvaded area consisted of 10 species of broadleaved weeds and 7 species of grass from 8 families. This study showed that the invasion of *A. nilotica* significantly affected the amount and composition of soil-seed bank in various soil depths of Bekol savanna.*

* Corresponding author. Tel.: +62 89611473585
E-mail address: nmmuis01@gmail.com (N. Muis)

I. PENDAHULUAN

Savana yang berada di wilayah tropis mencakup 20% dari luas bumi, dan telah mengalami penurunan luasan (Scott *et al.*, 2010). Salah satu savana tersebut terletak di Indonesia yaitu Savana Bekol yang merupakan wilayah dari Taman Nasional Baluran (TNB). Savana yang merupakan ciri khas TNB mengalami perubahan dan penurunan luasan akibat adanya invasi tumbuhan asing invasif, *Acacia nilotica*.

Invasi spesies asing merupakan salah satu penyebab terjadinya penurunan biodiversitas di seluruh dunia (Powell *et al.*, 2011; Van Der Wal *et al.*, 2008). Perubahan global yang cepat mendorong penyebaran tumbuhan invasif secara meluas dan mulai menginvasi habitat baru sehingga menurunkan stabilitas ekosistem dan mengancam keanekaragaman spesies asli (Hooper *et al.*, 2012; Powell *et al.*, 2011). Umumnya, tumbuhan invasif memiliki relung fisiologis yang luas dan memiliki beberapa sifat khusus; memiliki kemampuan penyebaran benih dan respon atau adaptasi yang cepat terhadap perubahan lingkungan (Higgins & Richardson, 2014; Hooper *et al.*, 2012). Keberadaan spesies asing invasif dapat mempengaruhi struktur komunitas dan fungsi ekosistem, ekologi serta integritas ekosistem asli. Spesies asing invasif memiliki kemampuan untuk berkompetisi dalam memperoleh sumber daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesies asli (Balaguru *et al.*, 2016).

Perubahan yang terjadi secara nyata di Savana Bekol TNB adalah penurunan kualitas savana dan komunitas tumbuhan asli yang mendukung kelestarian satwa khas savana TNB, yaitu banteng jawa (*Bos javanicus*) serta berpengaruh terhadap perilaku satwa lainnya. Dominasi rumput di kawasan savana yang menurun, mengakibatkan berkurangnya sumber pakan bagi satwa herbivor tersebut, sehingga jumlah populasinya semakin menurun. Hasil identifikasi sebaran spasial menunjukkan bahwa *A. nilotica* tumbuh menyebar secara berkelompok di bagian barat laut, utara dan timur kawasan TNB dan menginvasi areal seluas $\pm 1.222,59$ ha atau sekitar 5% dari luas keseluruhan kawasan TNB (Siswoyo, 2014). Upaya pengendalian invasi *A. nilotica* telah dilakukan oleh pihak TNB. Namun, setelah dilakukan pengendalian dengan cara eradikasi tumbuhan *A. nilotica*, kondisi savana tidak dapat kembali seperti sebelumnya. Hal ini dilihat dengan munculnya beberapa spesies tumbuhan baru berdaun lebar yang tidak disukai oleh satwa herbivor. Tumbuhan berdaun lebar yang tumbuh setelah eradikasi *A. nilotica* tersebut menjadi permasalahan baru yang cukup serius di TNB. Untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan informasi biologi dan ekologi terkait

tumbuhan berdaun lebar. Salah satu informasi untuk mengetahui siklus hidup tumbuhan adalah simpanan biji dalam tanah, yang merupakan awal dari proses regenerasi hutan dan restorasi ekologi.

Simpanan biji merupakan gambaran dari keanekaragaman vegetasi yang tersimpan di dalam tanah dan mencerminkan kondisi ekologi suatu ekosistem di masa lalu. Simpanan biji yang tersimpan di dalam tanah akan tumbuh menjadi individu baru, kemudian akan berkembang dan menghasilkan biji dalam jumlah yang banyak. Biji-biji tersebut kembali ke tanah sebagai bagian dari simpanan biji dan menjadi sumber populasi tumbuhan untuk masa yang datang. Simpanan biji dalam tanah juga membantu kelestarian suatu spesies apabila terjadi penurunan produksi biji oleh tumbuhan utama sehingga pertumbuhan individu baru tidak hanya bergantung pada produksi biji yang ada pada saat itu (Scott *et al.*, 2010; Van Langevelde *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pengetahuan mengenai simpanan biji dan dinamikanya penting dalam pengelolaan tumbuhan untuk masa yang datang. Komposisi spesies simpanan biji mencerminkan komunitas atau vegetasi tumbuhan lokal yang dapat bertahan dalam rentang waktu yang lama tergantung dari persistensi dan viabilitasnya (Yehnjong, 2014). Selain itu simpanan biji memiliki kontribusi untuk menjaga keanekaragaman spesies sebagai bagian dari proses pemulihan, terutama untuk pembentukan spesies tumbuhan yang merupakan individu yang mewakili masing-masing komunitas tumbuhan (Wang *et al.*, 2015).

Jumlah simpanan biji dapat menggambarkan potensi serangan gulma di masa yang datang sehingga dapat menjadi informasi dasar dalam perumusan strategi perencanaan pengendalian dan kebijakan restorasi dan mendukung rasionalisasi pengendalian gulma berdaun lebar (Santosa *et al.*, 2009; Ma *et al.*, 2010). Penelitian mengenai simpanan biji dalam tanah, estimasi jumlah dan komposisi biji-bijian belum pernah dilaksanakan di kawasan TNB. Informasi tersebut sangat penting karena dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pengelola TNB untuk melaksanakan pengendalian gulma secara terpadu. Karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi jumlah dan komposisi simpanan biji dalam tanah pada berbagai kedalaman tanah pada lokasi yang bebas dan yang terinvasi *A. nilotica*.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di Savana Bekol TNB yang terletak di Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur. Ekstraksi tanah dilakukan di rumah kaca

KOMATSU Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Gunung Batu, Bogor dan identifikasi biji dilakukan di Laboratorium Terpadu, Departemen Biologi FMIPA IPB, Bogor. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2015 hingga Maret 2016.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa tanah yang berasal dari Savana Bekol TNB dan aquadest. Alat yang digunakan antara lain adalah meteran, plot 2 m x 2 m, *soil ring* berdiameter 5 cm, saringan dengan ukuran 0,6 mm dan 0,355 mm, kantong blacu, *cooler box*, cawan petri, mikroskop stereo, dan pinset.

C. Tahapan Pelaksanaan dan Rancangan Penelitian

1. Pengambilan sampel tanah

Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan pada setiap petak di setiap jalur transek sepanjang 100 m seperti tersaji pada Gambar 1. Masing-masing transek diulang sebanyak 2 kali untuk setiap daerah tersebut. Pengambilan sampel tanah menggunakan *soil ring* berdiameter 5 cm. Sampel tanah diambil dari tiga strata kedalaman tanah, yaitu 0-5 cm, 5-10 cm dan 10-15 cm. Sampel tanah dari 5 *core* kemudian dikompositkan sesuai pembagian strata kedalaman tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada daerah yang terinvansi *A. nilotica* dan daerah yang tidak terinvansi *A. nilotica*. Masing-masing sampel tanah kemudian dimasukkan ke dalam kantong blacu dan diberi label. Sampel tanah disimpan dalam *cooler box* untuk menghindari perkecambahan biji sebelum sampel tanah digunakan.

2. Identifikasi biji

Sampel tanah dikeluarkan dari *cooler box*. Sampel tanah tersebut diremahkan kemudian disaring sehingga bersih dari serasah, kemudian ditimbang sebanyak 100 g dari setiap kantong sampel dengan 3 ulangan untuk setiap kantong sampel. Ekstraksi biji dilakukan dengan menggunakan metode *wet-sieving* yang telah dimodifikasi dari metode yang dilakukan oleh Mesgaran *et al.* (2007). Masing-masing sampel

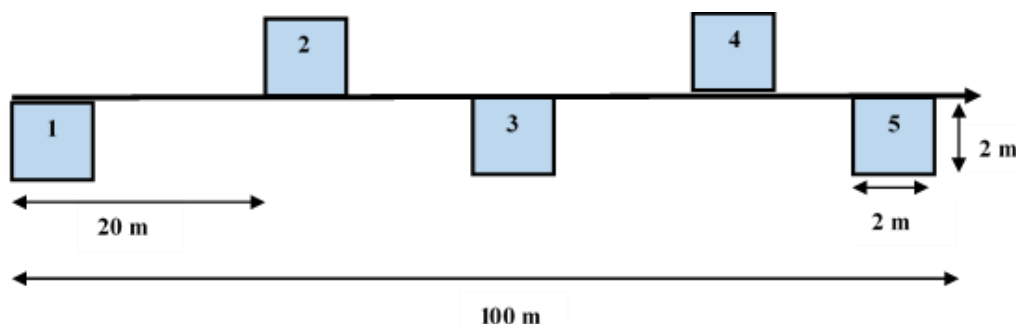
tanah direndam di dalam air selama ± 5 menit, kemudian disaring menggunakan saringan dengan ukuran pori 0,6 mm dan 0,355 mm untuk memastikan biji yang berukuran lebih kecil tetap diperoleh. Tanah dan bahan organik yang tidak tersaring kemudian disemprot dengan air mengalir untuk memecah partikel tanah menjadi lebih halus agar keseluruhan partikel tanah dapat terbawa aliran air, sehingga diperoleh hasil saringan yang benar-benar terbebas dari partikel tanah. Bagian yang tersisa pada saringan kemudian dikeringkan.

Proses pengeringan sampel dilakukan di dalam wadah dengan menjemur di bawah sinar matahari selama ± 10 menit. Saat proses pengeringan, sampel ditutup menggunakan bahan plastik transparan untuk menghindari kontaminasi dari biji lain dari lingkungan sekitarnya. Setelah sampel kering kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel dari bahan plastik dan diberi label untuk simpanan biji sesuai lokasi.

Sampel dari hasil proses ekstraksi dan pengeringan kemudian dibawa ke laboratorium untuk diamati di bawah mikroskop stereo untuk dihitung dan diidentifikasi dengan bantuan deskriptor dari Soerjani *et al.* (1987) dan Martin dan Barkley (2000). Simpanan biji yang telah diidentifikasi kemudian dikelompokkan dan dihitung berdasarkan masing-masing spesies. Data yang diamati berupa jumlah biji per kedalaman tanah di setiap kondisi lokasi pengambilan sampel, spesies dan jumlah spesies.

D. Analisis Data

Analisis data untuk melihat pengaruh lokasi penelitian terhadap rata-rata jumlah simpanan biji dianalisis secara statistik menggunakan uji ANOVA. Apabila terdapat perbedaan antar perlakuan maka akan dilakukan uji lanjut Duncan. Semua analisis dilakukan dengan bantuan *software* SAS v9.3 dengan taraf kepercayaan 95%. Uji T independent dilakukan dengan bantuan *software* SPSS 15 inc. untuk menganalisis perbedaan jumlah simpanan biji rumput dan tumbuhan berdaun



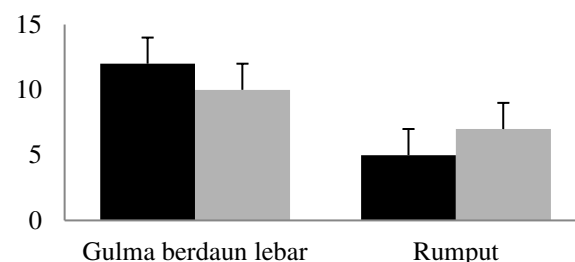
Gambar 1. Desain plot pengambilan sampel tanah
Figure 1. Design of soil sample plots

lebar pada lokasi yang terinvansi dan tidak terinvansi *A. nilotica*. Asosiasi antar komunitas dianalisis dengan metode ordinasasi (*Non Metric Multidimensional Scaling*) menggunakan *software* Past v4. Uji analisis NMDS bertujuan untuk menganalisis perbandingan data komposisi spesies simpanan biji dalam tanah antara dua lokasi pengamatan yang tidak tersebar secara normal, serta membantu dalam interpresentasi data ke dalam dua dimensi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi keseluruhan simpanan biji dalam tanah pada kedalaman 0-15 cm di lokasi yang terinvansi dan tidak terinvansi *A. nilotica* menemukan 24 spesies tumbuhan dari 9 famili yang terdiri dari 17 spesies gulma berdaun lebar dan 7 spesies rumput. Jumlah spesies yang tidak teridentifikasi pada simpanan biji dalam tanah berjumlah 8 spesies yang terdiri dari 3 spesies biji rumput dan 5 spesies gulma berdaun lebar. Hasil identifikasi spesies pada setiap lokasi tersebut menunjukkan perbedaan jumlah spesies simpanan biji dalam tanah yang ada di lokasi yang diinvansi dan lokasi yang tidak diinvansi oleh tumbuhan *A. nilotica*. Total jumlah spesies yang ditemukan pada lokasi yang terinvansi *A. nilotica* adalah 17 spesies dari 7 famili yang terdiri dari 12 spesies gulma berdaun lebar dan 5 spesies rumput sedangkan

pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* ditemukan 17 spesies dari 8 famili yang terdiri dari 10 spesies gulma berdaun lebar dan 7 spesies rumput (Gambar 2) (Tabel 1).



Gambar 2. Perbandingan jumlah spesies simpanan biji gulma berdaun lebar dan rumput antara vegetasi yang terinvansi (■) dan tidak terinvansi *A. nilotica* (□) di Savana Bekol TNB.

Figure 2. Comparison of the numbers of broad-leaved weed and grass species seeds between invaded and uninvaded by *A. nilotica* vegetation in Savanna Bekol TNB.

Uji T menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah simpanan biji spesies gulma berdaun lebar dan spesies rumput antara dua lokasi pengamatan. Jumlah simpanan biji spesies gulma berdaun lebar lebih tinggi di lokasi yang terinvansi *A. nilotica* dibandingkan dengan lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* ($t = 0,03$). Simpanan

Tabel 1. Komposisi spesies simpanan biji di Savana Bekol TNB

Table 1. The species composition of soil-seed bank in Bekol Savanna, Baluran National park

Famili (Family)	Spesies (Species)	Lokasi terinvansi <i>A. nilotica</i> (Invaded area with <i>A. nilotica</i>)	Lokasi tidak terinvansi <i>A. nilotica</i> (Uninvaded area with <i>A. nilotica</i>)
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	-	√
	<i>Bidens biternata</i>	√	√
	<i>Eleuthernhtera rudelaris</i>	√	√
Capparaceae	<i>Cleome viscosa</i>	√	√
Convolvulaceae	<i>Merremia sp.</i>	-	√
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus urinaria</i>	√	√
	<i>Phyllanthus virgatus</i>	√	√
Fabaceae	<i>Acacia nilotica</i>	√	-
	<i>Aeschynomene americana</i>	√	-
	<i>Calogoponium muconoides</i>	-	√
Malvaceae	<i>Abelmoschus moschatus</i>	√	-
	<i>Abutilon indicum</i>	√	√
	<i>Corchorus aestuans</i>	√	-
	<i>Thespesia lampas</i>	√	-
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	√	-
Mimosaceae	<i>Mimosa pudica</i>	-	√
Poaceae	<i>Brachiaria ramosa</i>	√	√
	<i>Brachiaria reptans</i>	√	√
	<i>Brachiaria sp</i>	-	√
	<i>Echinochloa colonum</i>	√	√
	<i>Echinochloa sp.</i>	√	√
	<i>Panicum repens</i>	√	√
	<i>Pennisetum sp.</i>	-	√

Keterangan: (√) : Spesies tersebut ditemukan, (-) : Spesies tersebut tidak ditemukan.

Remarks: (√) : Species was found, (-) : Species wan't found

biji dalam tanah menunjukkan perbedaan jumlah simpanan biji spesies rumput pada lokasi yang terinvansi *A. nilotica* dengan lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* ($t = 0,01$). Pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* jumlah simpanan biji spesies rumput lebih tinggi dibandingkan pada lokasi yang terinvansi *A. nilotica*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya invasi *A. nilotica* mempengaruhi komposisi spesies simpanan biji rumput dan gulma berdaun lebar yang ditemukan di Savana Bekol TNB.

Jumlah total simpanan biji yang diperoleh dari akumulasi total sampel tanah yang diambil berjumlah 2.869 biji dengan rata-rata kerapatan biji 12.183 biji/m³. Total simpanan biji tersebut terdiri atas 2.201 biji rumput (9.346,7 biji/m³) dan 668 biji tumbuhan berdaun lebar (2.836,52 biji/m³). Pada lokasi yang terinvansi *A. nilotica* ditemukan 891 simpanan biji (7.566,88 biji/m³) yang terdiri atas 327 biji dari spesies rumput (2.777,07 biji/m³) dan 564 biji dari spesies tumbuhan berdaun lebar (4.789,81 biji/m³), sedangkan pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* ditemukan 1.978 biji (16.798,3 biji/m³) simpanan biji yang terdiri atas 1.874 biji dari spesies rumput (15.915,07 biji/m³) dan 104 biji dari spesies tumbuhan berdaun lebar (883,23 biji/m³). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kerapatan simpanan biji pada lokasi yang terinvansi *A. nilotica* jauh lebih rendah dibandingkan dengan tingkat kerapatan biji pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* atau dengan kata lain estimasi jumlah simpanan biji pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* jauh lebih banyak dibandingkan dengan lokasi yang terinvansi *A. nilotica*. Perbedaan rata-rata jumlah simpanan biji antar dua lokasi tersebut menunjukkan bahwa invasi *A. nilotica* mampu meningkatkan rata-rata jumlah biji yang tersimpan dalam tanah di kawasan savana Bekol TNB (Tabel 2).

Kerapatan simpanan biji pada kedua lokasi penelitian menunjukkan hasil yang berbeda. Tingkat kerapatan simpanan biji rumput pada lokasi yang terinvansi lebih rendah dari tingkat

kerapatan simpanan biji pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica*. Sebaliknya, spesies simpanan biji gulma berdaun lebar memiliki tingkat kerapatan lebih tinggi pada lokasi yang terinvansi, sedangkan pada lokasi tidak terinvansi kerapatan simpanan biji gulma berdaun lebar lebih rendah. Perbedaan komposisi penyusun vegetasi atas menjadi salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut. Kerapatan simpanan biji gulma berdaun lebar lebih tinggi karena umumnya tumbuhan berdaun lebar tergolong sebagai tumbuhan herba yang menghasilkan biji dalam jumlah yang besar, persebaran biji mengelompok pada suatu areal sehingga sebagian besar biji masih mampu bertahan dari predasi, dan viabilitas biji yang mampu bertahan dalam waktu yang lama (Arnolds et al., 2015; Douh et al., 2018).

Kerapatan simpanan biji rumput yang lebih tinggi pada lokasi yang tidak terinvansi juga diakibatkan karena dominansi tumbuhan rumput pada vegetasi atas dilihat dengan dominannya spesies rumput pada lokasi tersebut, sehingga *input* biji rumput lebih tinggi. Simpanan biji spesies gulma berdaun lebar masih dapat ditemukan pada lokasi yang tidak terinvansi. Hal tersebut diakibatkan karena lokasi yang tidak terinvansi merupakan lokasi yang pernah terinvansi oleh *A. nilotica*, namun telah dikendalikan sehingga lokasi tersebut telah terbebas dari invasi *A. nilotica*. Lokasi tersebut telah mengalami beberapa perlakuan pengendalian secara mekanik. Perubahan yang terjadi pada komposisi spesies simpanan biji pada lokasi pasca invasi mengindikasikan bahwa beberapa spesies tumbuhan lebih persisten dibandingkan dengan spesies lainnya. Keberadaan simpanan biji tumbuhan rumput secara signifikan menurun pada lokasi yang tidak dikendalikan. Jumlah simpanan biji rumput banyak ditemukan pada lokasi yang dikendalikan meskipun jumlahnya tidak signifikan berbeda dengan lokasi yang tidak dikendalikan.

Hasil penelitian ini memperlihatkan adanya pengaruh invasi terhadap tingkat kerapatan dan komposisi spesies di Savana Bekol TNB. Invasi

Tabel 2. Pengaruh invasi *A. nilotica* terhadap rata-rata jumlah simpanan biji (biji/m³) di Savana Bekol TNB
Table 2. Influence of *A. nilotica* invasion on the average of soil seed bank (seeds/m³) in Bekol Savanna TNB

Lokasi (Location)	Jumlah simpanan biji per petak (biji/m ³) Number of soil seed bank in each plot (seeds/m ³)					Rata-Rata (Average)
	1	2	3	4	5	
Terinvansi <i>A. nilotica</i> (Invaded area with <i>A. nilotica</i>)	1.639,06	692,14	1.456,475	887,47	1.138,005	1.168,79 ^b
Tidak terinvansi (<i>A. nilotica</i> Uninvaded area with <i>A. nilotica</i>)	4.080,68	2.072,19	1.477,71	1.507,425	2.840,76	2.284,50 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa nilai tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

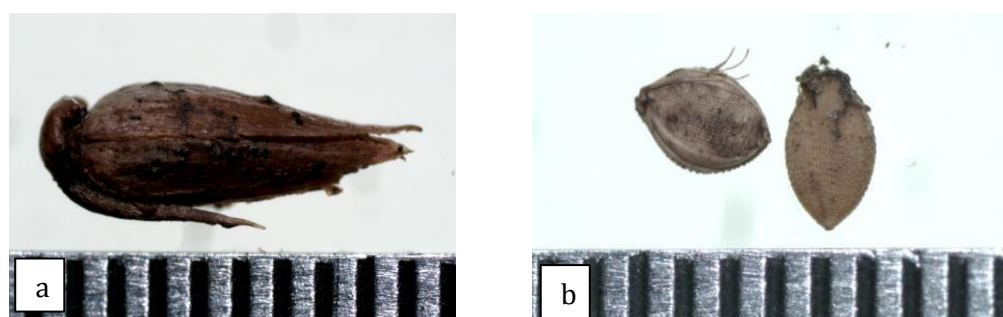
Remark: Value followed by the same letter and in the same column is not significantly different according to the 5% DMRT test.

spesies asing berpengaruh terhadap komposisi, kerapatan dan keanekaragaman spesies simpanan biji. Sejumlah spesies tumbuhan yang ditemukan pada suatu komunitas tumbuhan dapat disebabkan oleh perubahan kondisi tanah. Perubahan kondisi tanah juga dapat mempengaruhi persistensi biji dalam tanah. Tjitrosoedirdjo *et al.* (2013) menyatakan bahwa invasi *A. nilotica* meningkatkan bahan organik tanah dan kapasitas tukar kation sehingga mendukung pertumbuhan tumbuhan berdaun lebar. Adanya invasi *A. nilotica* tersebut dapat mempengaruhi *input* biji ke dalam tanah yang berakibat pada peningkatan keanekaragaman spesies simpanan biji. Perubahan tersebut dapat terjadi akibat dari kegiatan manusia, kerusakan tanah dan penggunaan bahan kimia untuk menekan populasi gulma berdaun lebar. Keanekaragaman spesies gulma berdaun lebar sangat bergantung pada komposisi simpanan biji dalam tanah dan juga berkorelasi dengan tingkat gangguan yang dialami (Hosseini *et al.*, 2014). Perubahan kondisi lingkungan dan biotik memicu munculnya spesies asing yang dapat menghambat pertumbuhan spesies asli. Proses pemulihan kondisi lingkungan bergantung pada perkecambahan biji, reproduksi vegetatif (batang atau akar), biji yang disebarkan oleh agen biotik (serangga, hewan dan burung) dan abiotik (angin dan air), serta simpanan biji dalam tanah (*soil seed bank*) (Savadojo *et al.*, 2016).

Hasil analisis klaster secara keseluruhan menunjukkan bahwa komposisi simpanan biji terbagi atas dua kelompok besar, yaitu kelompok pertama yang terdiri atas vegetasi yang terinvansi *A. nilotica* kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm dan 10-15 cm serta kedalaman 10-15 cm pada lokasi yang tidak terinvansi *A. Nilotica*, sedangkan pada kelompok yang kedua, yaitu kelompok yang terdiri atas vegetasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* kedalaman 0-5 cm dan 5-10 cm. Lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* pada kedalaman 0-5 cm dan 5-10 cm

memiliki tingkat kesamaan mencapai 70%. Lokasi yang terinvansi *A. nilotica* pada kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm, dan 10-15 cm memiliki tingkat kesamaan 73%. Kedalaman 10-15 cm pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* memiliki tingkat kesamaan yang hampir sama dengan komposisi spesies pada lokasi yang terinvansi *A. nilotica* (Gambar 4). Adanya kesamaan tersebut menunjukkan bahwa invasi *A. nilotica* memiliki kemampuan untuk mengubah komposisi simpanan biji di areal savana. Tingkat kesamaan simpanan biji dan vegetasi tumbuhan dipengaruhi oleh komposisi spesies simpanan biji yang terdiri atas spesies yang ada pada vegetasi atas sebelum terjadi gangguan dan komposisi spesies simpanan biji semakin bervariasi karena adanya perubahan vegetasi (Yang & Wei, 2013).

Secara umum, indeks kesamaan antara simpanan biji dalam tanah dan vegetasi di atas tanah tidak terlalu tinggi dan indeks kesamaan terletak antara 10% dan 70% (Shang *et al.*, 2016). Hasil analisis kluster persebaran simpanan biji pada berbagai kedalaman tanah di lokasi terinvansi dan tidak terinvansi menunjukkan bahwa terdapat pengaruh lokasi dan kedalaman tanah terhadap persebaran spesies simpanan biji dalam tanah. Hasil analisis kluster menunjukkan nilai indeks kesamaan antar kedalaman lebih dari 70% (Gambar 3). *A. nilotica* diketahui sebagai spesies invasif yang memiliki nilai asosiasi yang negatif dan toleransi yang rendah sehingga hal ini berdampak terhadap persebaran tumbuhan bawah maupun simpanan biji dalam tanah. Hasil ordinasasi (NMDS) untuk melihat asosiasi antar spesies pada masing-masing lokasi memperlihatkan adanya pola asosiasi positif dan negatif antar spesies. Spesies dari famili yang sama cenderung memiliki daya adaptasi dan kompetisi yang sama sehingga dapat berasosiasi secara positif. Asosiasi antar spesies juga berdampak terhadap pola penyebarannya berdasarkan kedalaman tanah. Spesies yang mendominasi



Sumber : Bogor, 2016 / Source : Bogor, 2016

Gambar 3. Biji rumput yang ditemukan di Savana Bekol TNB, *Pennisetum* sp. (a), *Brachiaria ramosa* (b) (skala 0,05 cm).

Figure 3. Seeds of grass was found in Bekol Savanna Baluran National Park, *Pennisetum* sp. (a), *Brachiaria ramosa* (b) (scale 0.05 cm).

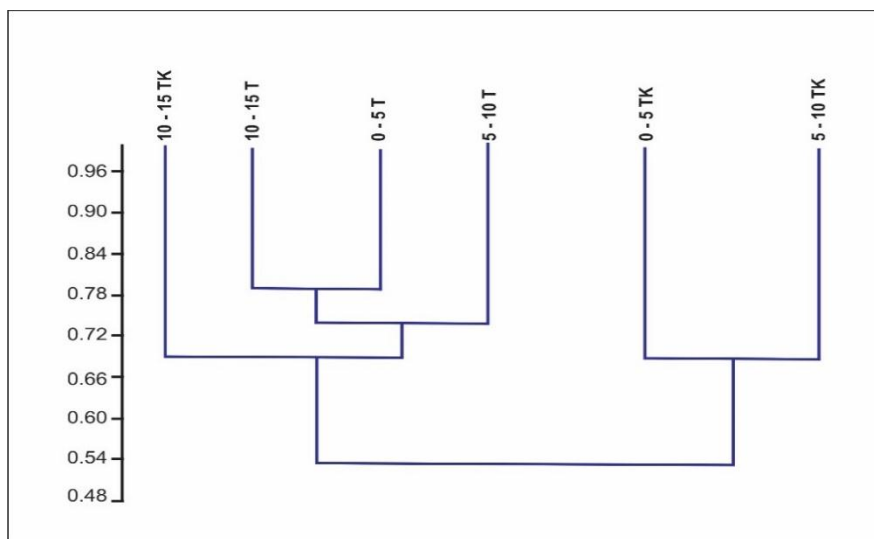
suatu area seperti *B. reptans* tidak dapat berasosiasi dengan spesies lainnya sehingga juga mendominasi simpanan biji pada setiap kedalaman tanah pada lokasi yang tidak terinvansi. Spesies tumbuhan yang memiliki frekuensi kehadiran yang tinggi, tidak selalu memberikan nilai asosiasi positif tinggi dengan spesies lainnya. Demikian halnya, spesies yang memiliki frekuensi kehadiran yang rendah tidak selalu memberikan asosiasi negatif dengan spesies lain (Sofiah *et al.*, 2013).

Hasil analisis ordinasasi (NMDS) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penyebaran serta asosiasi antar spesies di lokasi terinvansi dan tidak terinvansi oleh *A. nilotica*. Penyebaran spesies pada kedalaman tanah juga menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap kedalaman tanah. Terdapat beberapa spesies yang tidak berasosiasi dengan spesies lainnya, yaitu *B. reptans*. Spesies tersebut banyak ditemukan pada kedalaman tanah 0-5 cm sedangkan sangat sedikit ditemukan pada kedalaman 5-10 cm dan 10-15 cm. Sebagian besar biji yang jatuh dari tumbuhan induk berada di atas permukaan tanah dan lainnya akan terkubur di dalam tanah. Biji yang jatuh ke permukaan tanah mampu masuk ke lapisan tanah yang lebih dalam dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti retakan tanah, tekanan air, pergerakan satwa, dan aktifitas manusia (Cui *et al.*, 2016; O'Donnell *et al.*, 2014).

Hasil ordinasasi juga memperlihatkan beberapa kelompok asosiasi antar spesies seperti *Abutilon indicum*, *Phyllanthus virgatus*, *Echinochloa* sp., dan *Pennisetum* sp. pada daerah yang tidak terinvansi *A. nilotica*, tersebar secara mengelompok. Pada lokasi yang terinvansi kedalaman tanah 10-15 cm,

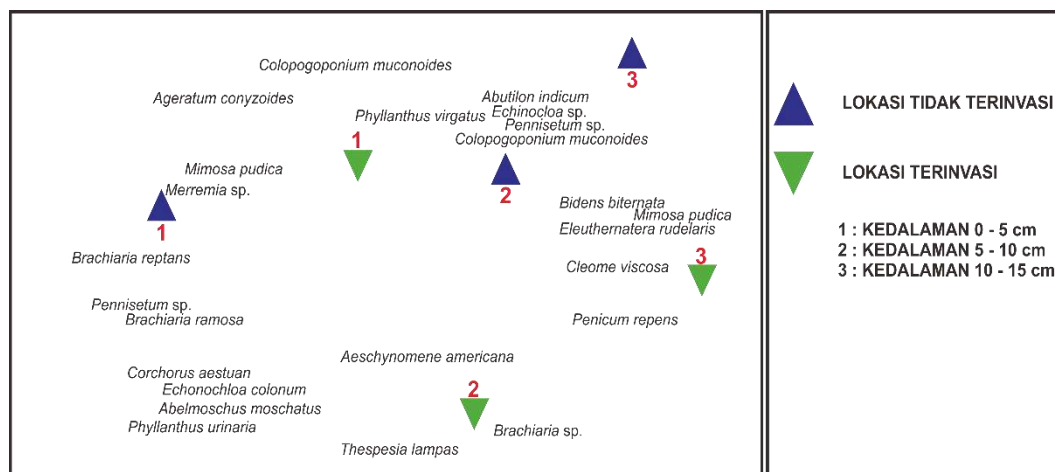
tumbuhan yang berasosiasi secara positif adalah *B. biternata*, *Mimosa pudica*, dan *E. rudelaris*, sedangkan pada kedalaman 5-10 cm yaitu *Corchorus aestuan*, *Echinochloa colonum*, *Abelmoschus moscatus*, dan *Phyllanthus urinaria* (Gambar 4). Hasil ordinasasi juga mendukung hasil analisis kluster yang juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan komposisi spesies pada dua lokasi penelitian. Tumbuhan yang berasal dari famili yang sama cenderung tersebar secara mengelompok. Komposisi spesies pada masing-masing lokasi menunjukkan bahwa terdapat pengaruh invasi *A. nilotica* terhadap komposisi simpanan biji dalam tanah di Savana Bekol TNB. Nilai stress yang mencapai 0,05 menunjukkan bahwa hasil ordinasasi dapat menggambarkan dengan baik kondisi persebaran komposisi tumbuhan yang terjadi di lokasi penelitian (Gambar 5).

Perbedaan komposisi simpanan biji dipengaruhi oleh kemampuan dormansi biji tiap spesies. Beberapa spesies memiliki kemampuan untuk tetap dorman pada kelembapan tanah yang tinggi dan kadar oksigen yang rendah (Ma *et al.*, 2012). Spesies tersebut digolongkan sebagai spesies oportunistik dan hanya berkecambah pada saat kondisi lingkungan sesuai dengan pertumbuhannya. Hasil NMDS menunjukkan bahwa komposisi simpanan biji berbeda pada lokasi yang terinvansi dan tidak terinvansi, serta menunjukkan gambaran mengenai komposisi spesies asli sebelum terjadi invasi *A. nilotica*. Berdasarkan hasil identifikasi komposisi spesies pada lokasi yang terinvansi ditemukan spesies asli yang bertahan dalam bentuk simpanan biji.



Gambar 4. Dendrogram indeks similaritas komposisi simpanan biji antar kedalaman tanah pada lokasi yang terinvansi (T) dengan lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* (TK) di Savana Bekol TNB.

Figure 4. Similarity index of soil-seed bank composition in different soil depths depth of invaded (T) and uninvaded (TK) areas by *A. nilotica* at Bekol Savanna, Baluran National Park



Gambar 5. Ordination (Non-metric multidimensional scaling ordination) (stress: 0,05) komposisi spesies simpanan biji dalam tanah pada lokasi yang terinvasi dan tidak terinvasi *A. nilotica*.

Figure 5. Ordination (NMDS, stress: 0.05) of soil seed bank species composition in invaded and uninvaded areas by *A. nilotica*.

Jumlah simpanan biji semakin berkurang seiring dengan penambahan kedalaman tanah pada lokasi yang tidak terinvasi *A. nilotica*, sedangkan pada lokasi yang terinvasi *A. nilotica* jumlah simpanan biji dalam tanah relatif sama pada setiap penambahan kedalaman tanah. Jumlah simpanan biji pada vegetasi yang tidak mengalami gangguan cenderung akan semakin berkurang seiring dengan penambahan kedalaman tanah. Gangguan yang terjadi dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu ada tidaknya aktifitas makhluk hidup, pada areal tersebut. Injakan dari satwa dapat mengakibatkan terdorongnya simpanan biji ke bagian yang lebih dalam. Selain itu, beberapa spesies simpanan biji menyebar pada saat musim kemarau. Tanah pada musim kemarau di TNB yang mengalami retakan yang cukup lebar memungkinkan biji terdorong ke bagian tanah yang lebih dalam dan pada saat musim hujan datang retakan tadi akan menutup yang mengakibatkan terkuburnya simpanan biji di bagian tanah yang lebih dalam.

Savana dengan sejarah pengendalian *A. nilotica* menjadi salah satu faktor yang menyebabkan simpanan biji yang tadinya terdapat pada permukaan tanah terkubur ke bagian yang lebih dalam. Dominannya simpanan biji spesies tertentu yang menyusun simpanan biji dipengaruhi oleh jumlah tumbuhan induknya pada vegetasi atas, serta risiko yang dialami oleh biji tersebut sebelum dan sesudah proses penyebaran biji itu sendiri dan kemampuan dormansi biji. Biji gulma berdaun lebar memiliki kemampuan dormansi lebih baik dibandingkan dengan spesies rumput sehingga simpanan biji gulma berdaun lebar masih dapat ditemukan pada lokasi yang tidak terinvasi pada kedalaman lebih dari 5 cm. Jumlah simpanan biji rumput lebih banyak

ditemukan pada kedalaman 0-5 cm, dikarenakan dominannya spesies tumbuhan rumput yang ditemukan pada vegetasi atas serta didukung dengan tingginya produksi jumlah biji spesies rumput.

Proses penyebaran biji dipengaruhi oleh ada tidaknya struktur tambahan pada biji yang memungkinkan biji tersebut untuk tersebar melalui agen penyebar tertentu, seperti angin, air, hewan, manusia dan perlengkapan yang digunakan (Fenner & Thompson, 2005). Selain itu, struktur penahan biji, jumlah simpanan biji di kanopi, usia tanaman, gangguan oleh hewan, ada tidaknya predasi biji sebelum penyebaran, dan laju alami terlepasnya biji dari struktur penahannya juga menjadi faktor yang mempengaruhi berapa lama biji tersebut bertahan hingga akhirnya tersebar (Baskin & Baskin, 2014).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dari total 2.201 biji rumput yang ditemukan, 46,12% biji cacat secara morfologi sedangkan pada biji gulma daun lebar, dari total 668 biji ditemukan, 33,68% cacat secara morfologi. Secara morfologi, kerusakan diakibatkan karena sebagian besar biji spesies rumput merupakan tipe buah padi (*caryopsis*) sehingga bijinya berupa spikelet yang mudah rusak sedangkan biji tumbuhan berdaun lebar yang mengalami kerusakan yaitu dari kelompok famili Asteraceae yang memiliki tipe biji kurung (*achene*) dan famili Malvaceae dengan biji tipe kotak (*capsule*). Biji dari famili lainnya berupa biji keras atau ortodoks, contohnya spesies dari famili Fabaceae, sehingga cenderung lebih persisten di dalam tanah. Tipe biji yang tersimpan di dalam tanah juga menjadi faktor yang mendukung kemampuan biji tersebut untuk dorman sehingga kelangsungan hidup spesies dari biji tersebut terpelihara. Kelompok

Convolvulaceae, Fabaceae, Malvaceae, dan Sapindaceae merupakan famili yang diketahui memiliki kemampuan dormansi secara fisik (Baskin & Baskin, 2014). Tumbuhan yang memiliki jenis biji persisten lebih sedikit dan biasanya biji persisten tersebut memiliki ciri berupa permukaan biji yang halus sedangkan tumbuhan dengan biji yang tidak persisten, yang jumlahnya relatif lebih banyak, ciri bijinya yaitu memiliki duri, tanduk atau perlindungan diri pada kulit bijinya. Selain itu, faktor yang mempengaruhi persistensi biji dalam tanah yaitu kematian biji. Kematian biji dapat diakibatkan oleh adanya interaksi antara organisme tanah dengan biji yang terkubur di dalam tanah seperti: hewan yang mempredasi atau memakan biji, fungi dan bakteri yang menyerang biji, dan organisme lain yang tidak menggunakan biji tersebut sebagai sumber makanan (Baskin & Baskin, 2014).

Simpanan biji dalam tanah merupakan komponen penting dari resiliensi ekosistem dan menggambarkan potensi regenerasi populasi tumbuhan di masa yang akan datang. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa ada potensi pemulihan ekosistem savana TNB di masa yang akan datang. Potensi tersebut dapat dilihat dari tingginya jumlah biji spesies rumput yang ditemukan pada lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica*. Simpanan biji spesies rumput tersebut menunjukkan bahwa ekosistem savana TNB memiliki potensi resiliensi ekosistem yang cukup baik. Jumlah simpanan biji rumput yang tinggi menggambarkan bahwa besarnya potensi dominasi spesies tumbuhan rumput dimasa yang akan datang. Potensi tersebut tentu dapat dicapai apabila didukung oleh penelitian lanjutan dan metode manajemen pengendalian yang akan diterapkan di TNB.

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai dampak ekologi yang terjadi akibat invasi *A. nilotica* serta adanya potensi pemulihan ekosistem savana melalui simpanan biji dalam tanah. Penelitian ini merekomendasikan kepada pengelola TNB untuk melakukan pengendalian *A. nilotica* dan proses restorasi ekosistem savana. Pemulihan ekosistem savana dengan menggunakan metode yang tepat sangat penting dilakukan untuk menunjang fungsi savana sebagai *feeding ground* bagi satwa herbivor dan menjaga kelestarian satwa liar lainnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Total simpanan biji yang diperoleh yaitu 2.869 biji dengan rata-rata kerapatan biji 12.183 biji/m³ yang terdiri atas 2.201 biji rumput (9.346,07 biji/ m³) dan 668 biji gulma berdaun lebar (2.836,52 biji/ m³). Lokasi penelitian yang

terinvansi *A. nilotica* memiliki jumlah simpanan biji yang lebih rendah dan didominasi oleh spesies tumbuhan gulma berdaun lebar, dengan rata-rata jumlah simpanan biji per kedalaman relatif sama, sedangkan lokasi yang tidak terinvansi *A. nilotica* memiliki jumlah simpanan biji yang lebih tinggi dan didominasi oleh spesies rumput, dengan rata-rata jumlah simpanan biji semakin berkurang dengan bertambahnya kedalaman tanah.

Total keseluruhan spesies simpanan biji yang teridentifikasi adalah 23 spesies yang terdiri atas 16 spesies gulma berdaun lebar dan 7 spesies rumput.

B. Saran

Pihak TNB dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai informasi dalam pelaksanaan pengendalian tumbuhan invasif dan gulma berdaun lebar di kawasan TNB serta perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai viabilitas simpanan biji di Savana Bekol TNB untuk memperoleh data yang lebih akurat yang nantinya dapat membantu perencanaan pemulihan ekosistem pasca pengendalian tumbuhan invasif *A. nilotica* di Savana Bekol TNB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada *Removing barriers to invasive alien species in protection and production forest in South East Asia in Indonesia (FORIS Indonesia)* atas bantuan dana penelitian dan kepada staf Taman Nasional Baluran yang telah membantu selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnolds, J.L., Musil, C.F., Rebelo, A.G., Krüger, & G.H.J. (2015). Experimental climate warming enforces seed dormancy in South African proteaceae but seedling drought resilience exceeds summer drought periods. *Oecologia*, 177, 1103–1116.
- Balaguru, B., Soosairaj, S., Nagamurugan, N., Ravindrana, R., & Ahamed, K.A. (2016). Native vegetation pattern and the spread of three invasive species in Palani Hill National Park, Western Ghats of India. *Acta Ecologica Sinica*, 36, 367–376.
- Baskin, C.C., & Baskin, J.M. (2014). *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego: Academic Press.
- Cui, L., Li, W., Zhao, X., Zhang, M., Lei, Y., Zhang, Y., Gao, R., Kang, X., Suna, B., & Zhang, Y. (2016). The relationship between standing vegetation and the soil seed bank along the shores of Lake Taihu, China. *Ecological Engineering*, 90, 278–288.
- Douh, C., Dainoub, K., Loumetoc, J.J., Moutsambotoc, J.M., Fayollea, A., Tossob, F., Fornif, E., Gourlet-Fleuryf, S., & Douceta, J.L. (2018). Soil seed bank characteristics in two central African forest types and implications for forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 409, 766–776.

- Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seed*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Higgins, S.L., & Richardson, D.M. (2014). Invasive plants have broader physiological niches. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 10610–10614.
- Hooper, D.U., Adair, E.C., Cardinale, B.J., Byrnes, J.E., Hungate, B.A., Matulich, K.L., Gonzalez, A., Duffy, J.E., Gamfeldt, L., & O'Connor, M.I. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486, 105–108.
- Hosseini, P., Hoveizeh, K., Kirwan, B., Hamid, R., Mashhadi, & Mostafa, O. (2014). Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. *Crop Protection*, 64, 1-6.
- Ma, M., Zhou, X., & Du, G. (2010). Role of soil seed bank along a disturbance gradient in an alpine meadow on the Tibet plateau. *Journal Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205, 128–134.
- Ma, M., Zhou, X., Zhen, M., & Du, G. (2012). Composition of the soil seed bank and vegetation changes after wetland drying and soil salinization on the Tibetan Plateau. *Ecological Engineering*, 44, 18– 24.
- Martin, A.C., & Barkley, W.D. (2000). *Seed identification manual*. New Jersey: The Blackburn Press.
- Mesgaran, M.B., Mashhadi, H.R., Zand, E., & Alizadeh, H.M. (2007). Comparison of three methodologies for efficient seed extraction in studies of Soil seed banks. *Weed Research*, 47(6), 472-478.
- O'Donnell, J., Fryirs, K., & Leishman, M.R. (2014). Digging deep for diversity: Riparian seed bank abundance and species richness in relation to burial depth. *Journal Freshwater Biology*, 59(1), 100–113.
- Powell, K.I., Chase, J.M., & Knight, T.M. (2011). A synthesis of plant invasion effects on biodiversity across spatial scales. *American Journal of Botany*, 98, 539–548.
- Santosa, E., Zaman, S., & Puspitasari, I.D. (2009). Simpanan biji gulma dalam tanah di perkebunan teh pada berbagai tahun pangkas. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 37(1), 46–54.
- Savadogo, P., Sanou, L., Djibril, D.S., Bognounou, F., & Thiombiano, A. (2016). Relationships between soil seed banks and above-ground vegetation along a disturbance gradient in the W National Park trans-boundary biosphere reserve, West Africa. *Journal of Plant Ecology*, 10, 349–363.
- Scott, K., Setterfield, S., Douglas, M., & Anderson, A. (2010). Seed banks confer resilience to savanna grass-layer plants during seasonal disturbance. *Acta Oecologica*, 36, 202-210.
- Shang, Z., Yang, S., Wang, Y., Shic, J., Dinga, L., & Longa, R. (2016). Soil seed bank and its relation with above-ground vegetation along the degraded gradients of alpine meadow. *Ecological Engineering*, 90, 268–277.
- Siswoyo, A. (2014). Pemodelan Spasial Kesesuaian Habitat Akasia Berduri (*Acacia nilotica*) di Taman Nasional Baluran. *Tesis*. Program Magister Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal: 1-48.
- Soerjani, M., Koesterman, A.J.G.H., & Tjitrosoepomo, G. (1987). *Weeds of rice in Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Sofiah, S., Setiadi, D., & Widyatmoko, D. (2013). Pola penyebaran, kelimpahan dan asosiasi bambu pada komunitas tumbuhan di Taman Wisata Alam Gunung Baung Jawa Timur. *Berita Biologi*, 12(2), 239-247.
- Tjitrosoedirdjo, S., Mawardi, I., Setiabudi, Syaiful, & Sri, S.T. (2013). Chemical control of *Acacia nilotica* under medium density regime populations and broadleaved weeds in Bekol Savanna, Baluran National Park East Java Indonesia. *The Role of Weed Science in Supporting Food Security by 2020*. Oktober 22-25. *Asian-Pacific Weed Science Society*. hlm 264 – 270.
- Van Der Wal, R., Truscott, A., Pearce, I.S.K., Cole, L., & Harris, M.P., Wanless, S. (2008). Multiple anthropogenic changes cause biodiversity loss through plant invasion. *Global Change Biology*, 14, 1428–1436.
- Van Langevelde, F., Tessema, Z.K., de Boer, W.F., & Prins, H.H.T. (2016). Soil seed bank dynamics under the influence of grazing as alternative explanation for herbaceous vegetation transitions in semi-arid rangelands. *Ecological Modelling*, 337, 253–261
- Wang, Y.C., Mark, K.J. O., Rend, G.H., Jianga, D.M., Musaa, A., Miao, R.H., Lia, X.M., Zhou, Q.L., Jiao, Q.T., & Lin, J.Z. (2015). Species shifts in above-ground vegetation and the soil seedbank in the inter-dune lowlands of an active dune field in Inner Mongolia, China. *Basic and Applied Ecology*, 16, 490–499.
- Yang, D., & Wei, L. (2013). Soil seed bank and aboveground vegetation along a successional gradient on the shores of an oxbow. *Journal of Aquatic Botany*, 110, 67– 77.
- Yehnjong, P.S. (2014). Paleozoic Seed Bank and Their Ecological Significance. *Tesis*. Program Magister East Tennessee State University, Tennessee. Amerika Serikat. <http://dc.etsu.edu/etd/2316>. Diakses 18 Desember 2017.