

Keragaman dan Pengendalian Tumbuhan Invasif di KHDTK Samboja, Kalimantan Timur

Diversity and Management of Invasive Plants in Samboja Research Forest, Kalimantan Timur

Oleh:

Bina Swasta Sitepu

Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam. Jl. Soekarno Hatta Km 38,
Sungai Merdeka, Samboja, 75271, Kalimantan Timur, Indonesia
E-mail: binassitepu@gmail.com

ABSTRAK

Secara historis dan berdasarkan kondisi terkini, Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus Hutan Penelitian Samboja (KHDTK Samboja) memiliki kerentanan yang cukup tinggi terhadap keberadaan jenis-jenis invasif yang dapat mengganggu kestabilan ekosistem dan proses suksesi hutan. Namun, pendataan jenis maupun penilaian resiko terhadap jenis-jenis invasif di areal hutan penelitian ini belum pernah dilakukan. Penelitian tentang keragaman jenis invasif di KHDTK Samboja dilakukan untuk mendukung pengelolaan KHDTK Samboja, khususnya dalam pengendalian jenis invasif. Penelitian dilakukan dengan teknik jelajah di areal terbuka, hutan sekunder, dan hutan primer. Pengambilan data kepadatan dan frekuensi tumbuhan invasif dilakukan dengan menggunakan petak pengamatan yang dipilih secara acak pada areal hutan sekunder dan primer. Hasil penelitian menunjukkan keberadaan 52 jenis tumbuhan invasif di KHDTK Samboja dengan dominansi tumbuhan perdu dan herba. Berdasarkan sebaran dan kepadatannya, terdapat empat jenis tumbuhan invasif yang penting untuk dikendalikan di KHDTK Samboja, yaitu *Acacia mangium*, *Spathodea campanulata*, *Miconia crenata*, dan *Piper aduncum*. Upaya pengendalian dilakukan dengan dua tahapan, jangka pendek, melalui pemusnahan secara manual, dan jangka panjang, dengan pencegahan, eradikasi, serta penilaian resiko secara periodik.

Kata kunci: jenis asing invasif, Kalimantan, eradikasi, *Spathodea campanulata*

ABSTRACT

*Historically, and based on the latest conditions, Samboja Research Forest has a fairly high vulnerability to the presence of invasive species that can interfere with ecosystem stability and forest succession. However, data collection and risk assessment of invasive species have not been conducted in the forest area. The study was carried out to support the management of Samboja Research Forest, particularly in controlling invasive species. The study was conducted with exploration techniques in open areas, secondary forests, and primary forests. The density and frequency data of invasive plants were obtained using random plots in secondary and primary forest areas. The results showed the presence of 52 invasive plant species in the Samboja Research Forest area with dominance by shrubs and herbs. Based on plants distribution and density, four crucial invasive plant species in Samboja Research Forest were identified, namely: *Acacia mangium*, *Spathodea campanulata*, *Miconia crenata*, and *Piper aduncum*. The management of invasive species was carried out in two stages, short term,*

through manual weeding, and in the long term, with the prevention, eradication, and periodic risk assessment.

Keywords: *invasive alien species, Kalimantan, eradication, Spathodea campanulata*

PENDAHULUAN

Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus Hutan Penelitian Samboja (KHDTK Samboja), merupakan bagian dari kawasan hutan Tahura Bukit Soeharto yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melalui Unit Pelaksana Teknis (UPT) Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi KSDA (Balitek KSDA) dengan fungsi sebagai areal penelitian, khususnya yang terkait dengan konservasi keanekaragaman hayati berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. SK.201/MENHUT-II/2004. Secara keseluruhan, terdapat lebih dari 300 jenis tumbuhan dari berbagai tingkatan di KHDTK Samboja dengan 40 jenis merupakan jenis-jenis bernilai konservasi tinggi. Selain itu, pengamatan terakhir menunjukkan ada 29 jenis mamalia dan 150 jenis burung yang menjadikan kawasan ini sebagai habitat ataupun tempat persinggahan mereka (Alhani et al. 2015; Atmoko et al. 2015). Dengan kekayaan keanekaragaman hayati ini, KHDTK Samboja memiliki peran penting dalam penelitian dan upaya konservasi keanekaragaman hayati di Kalimantan Timur.

KHDTK Samboja memiliki luasan 3.500 Ha, dengan 63% areal berhutan (primer dan sekunder), dan sisanya merupakan areal permukiman, pertanian, badan air, dan lahan terbuka (Atmoko et al. 2015). Keberadaan areal permukiman dan lahan terbuka menyebabkan KHDTK Samboja rentan terhadap gangguan dan tekanan yang menyebabkan kerusakan ekosistem dan penurunan keanekaragaman hayati yang disebabkan oleh manusia, satwa, maupun jenis tumbuhan invasif (Alhani et al. 2015; Atmoko et al. 2015; Rahayu et al. 2017).

Jenis tumbuhan invasif dapat dijelaskan sebagai jenis tumbuhan asli maupun asing yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem melalui dominansi secara agresif dan menimbulkan penurunan kualitas lingkungan dan keanekaragaman hayati secara signifikan dalam waktu yang cepat maupun lambat (Ormsby dan Brenton-Rule 2017; Widjaja et al. 2014). Indonesia memiliki lebih dari 300 jenis tumbuhan invasif yang meliputi tumbuhan tingkat rendah hingga pohon (Setyawati et al. 2015; Widjaja et al. 2014). Jenis invasif terintroduksi ke dalam ekosistem hutan dan non hutan di Indonesia sebagai tanaman hias, penutup lahan di perkebunan, penyebaran alami dari areal kebun percobaan, Kebun koleksi, maupun secara tidak sengaja terbawa oleh para penjelajah dan orang asing yang mengunjungi Indonesia (Tjitrosemite et al. 2013). Selain jenis-jenis tumbuhan invasif secara umum, para ahli juga mengelompokkan jenis-jenis invasif penting yang diketahui memiliki dampak sangat buruk terhadap habitat dan manusia, serta memiliki gambaran yang jelas tentang dampak biologis yang diakibatkan (Lowe et al. 2008; Luque et al. 2014).

Penelitian tentang jenis tumbuhan invasif di Indonesia telah menjadi salah satu topik populer terkait dengan aspek keragaman jenis, ekologi, pengendalian dan pemanfaatannya (Mukaromah dan Imron 2020; Padmanaba et al. 2017; Sayfulloh et al. 2020; Setyawati et al. 2015; Sunaryo 2015; Sutomo et al. 2016; Tampubolon et al. 2018; Tjitrosoedirdjo 2005; Utami et al. 2017). Namun, di Kalimantan, khususnya Kalimantan timur, informasi terkait keberadaan jenis-jenis invasif secara komprehensif dan dampaknya masih sangat terbatas walaupun beberapa penelitian mengonfirmasi keberadaan jenis-jenis invasif tersebut (Agustin et al. 2019; Padmanaba dan Sheil 2014; Sutedjo dan Warsudi 2017).

Potensi penyebaran jenis asing di KHDTK Samboja diperkirakan dimulai sejak pembukaan jalur jalan Samboja- Petung dan Balikpapan-Samarinda. Kebakaran besar yang terjadi pada tahun 1997-1998 dan 2005-2006 yang diikuti dengan kegiatan rehabilitasi dengan

menggunakan *Acacia mangium* di kawasan Tahura Bukit Soeharto dan KHDTK Samboja turut meningkatkan jumlah jenis dan populasi jenis invasif. Kondisi ini kemudian diperparah dengan kegiatan perladangan dan penebangan liar yang menyebabkan lahan hutan menjadi terbuka dan jenis invasif berkembang dengan cepat.

Pengendalian jenis invasif menjadi salah satu fokus pengelolaan kawasan hutan dan non hutan secara global untuk mengurangi kerugian secara ekonomis maupun ekologis (Brown dan Daigneault 2014; Gaertner et al. 2012; Master et al. 2013; Simberloff et al. 2013; Tjitrosemito et al. 2013). Pengendalian jenis invasif dilakukan dengan berbagai metode, namun sebagian besar menggunakan dua cara yaitu: Kimia dan Mekanis (Gaertner et al. 2012; Gardener et al. 2010; Smith-Ramírez et al. 2017), dan dalam skala kecil mengembangkan teknik biologi (penggunaan musuh alami dan jenis asli) dan manual (mencabut tanaman) (Büyüktaktakın and Haight 2018). Secara kimia, digunakan jenis-jenis herbisida untuk jenis-jenis herba, terna, rumput-rumputan dan semai dari jenis-jenis pohon (Brown dan Daigneault 2014; Gardener et al. 2010; Kuo et al. 2002). Secara mekanis, digunakan alat bantu berupa cangkul, gergaji mesin, alat pemotong rumput, maupun alat berat untuk memangkas atau mencabut jenis-jenis tumbuhan yang menginvasi suatu area hutan (Basari 2012; Gardener et al. 2010). Penggunaan alat mekanis biasanya dilakukan pada jenis-jenis tumbuhan berkayu yang sulit untuk dimusnahkan dengan menggunakan bahan kimia, atau jenis pohon yang memerlukan tenaga besar untuk mencabut atau menghancurkan bagian batangnya. Kedua metode ini juga dapat dikombinasikan, khususnya pada jenis berkayu atau pohon yang besar dimana cukup dilakukan pemotongan hingga menyisakan bagian tunggulnya, dan dilakukan pengolesan herbisida pada bagian tunggul (Basari 2012; Gardener et al. 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis invasif dan sebarannya di KHDTK Samboja, menganalisis potensi invasi jenis prioritas yang ditemukan, dan upaya pengendalian yang sudah dilakukan maupun rekomendasi kegiatan pengendalian dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh pengelola KHDTK Samboja dalam upaya penanggulangan jenis tumbuhan asing invasif di kawasan ini. Lebih luas, hasil ini juga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan pengelola kawasan hutan di sekitar KHDTK Samboja seperti di Tahura Bukit Soeharto, HL. Sungai Wain, serta Hutan Wisata Bukit Bangkirai.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di KHDTK Hutan Penelitian Samboja pada bulan Januari-Desember 2019. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan kombinasi antara metode jelajah (Rugayah et al. 2004) mengikuti jalur pejalan, jalan umum, dan metode inventarisasi tumbuhan menggunakan petak pengamatan sebagai areal contoh.

Penjelajahan dilakukan di areal bekas terbakar di km 6 dan sepanjang tepi jalan Samboja-Petung (km 0 - km 10). Sebagai perwakilan lokasi hutan primer adalah Rintis Wartono Kadri yang memiliki panjang 900 meter dengan lebar jalur pengamatan 10 m. Inventarisasi tumbuhan invasif dilakukan menggunakan petak pengamatan berukuran 20 m x 20 m sebanyak 45 petak (3,6 ha), dan setiap petak dibagi dalam sub petak untuk pengamatan semai (2 m x 2 m), pancang (5 m x 5 m), dan pohon untuk tegakan berdiameter lebih dari 10 cm (20 m x 20 m). Petak pengamatan dibuat pada areal hutan sekunder dan primer. Jenis asing invasif juga diamati pada areal perladangan dan areal pemukiman di sekitar KHDTK Samboja dengan jarak maksimal 1 km dari batas kawasan.

Seluruh jenis asing invasif yang ditemukan di lokasi contoh dicatat nama jenisnya. Sebagai panduan jenis invasif digunakan buku panduan yang dipublikasikan oleh Setyawati, et. al. (2015) dan Witt (2017). Selain itu, digunakan juga indeks nama jenis invasif dari pangkalan

data dalam jaringan (*online*) yaitu: Indeks jenis pohon invasif dalam pangkalan data *The Invasive Species Specialist Group* (ISSG/www.issg.com), *Global Invasive Species Database* (GISD/iucngisd.com), dan *Invasive Species Compendium* (www.cabi.org). Individu tumbuhan yang tidak dapat diidentifikasi di lapangan diambil spesimennya dan dibawa ke Herbarium Wanariset (WAN) untuk proses determinasi.

Hasil penelitian ditampilkan secara deskriptif berupa nama jenis, bentuk tumbuh (*life form*), asal (*origin*), dan tipe pemencaran (*dispersal*). Hasil inventarisasi akan menampilkan nilai kepadatan serta frekuensi dari jenis asing invasif yang ditemukan. Informasi upaya pengendalian yang telah dilakukan didapatkan dengan melakukan wawancara dengan pengelola KHDTK, dan rekomendasi pengendalian tumbuhan invasif disusun mengacu pada kegiatan pengendalian jenis invasif yang telah dilaksanakan serta sumber pustaka yang melakukan upaya pengendalian terhadap jenis atau kelompok jenis yang sama, khususnya untuk jenis-jenis invasif penting yang ditemukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Terdapat 52 jenis dari 48 marga dan 29 suku tumbuhan invasif di KHDTK Samboja dan sekitarnya (Tabel 1). Empat puluh empat jenis merupakan tumbuhan dari luar Indonesia (*alien species*) sedangkan delapan jenis merupakan tumbuhan asli Indonesia (*native species*). Menjadi perhatian khusus, terdapat delapan jenis yang termasuk dalam list "*100 of the worst invasive species*" (Lowe et al. 2008; Luque et al. 2014).

Tabel 1. Jenis tumbuhan invasif di KHDTK Samboja.

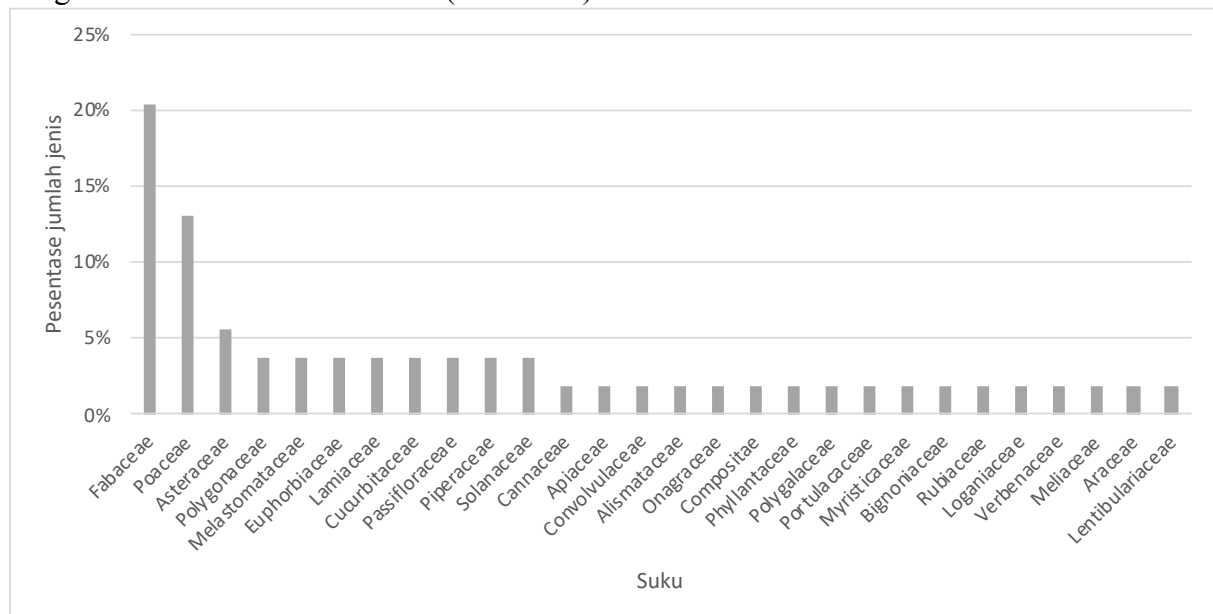
Jenis	Famili	Asal	Habitus
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Acantaceae	Asia	Herba/Perdu
<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	Alismataceae	America	Herba/Perdu
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Apiaceae	Asia, INA	Herba/Perdu
<i>Syngonium podophyllum</i> Schoot	Araceae	America	Herba/Perdu
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.*	Asteraceae	America	Herba/Perdu
<i>Pluchea indica</i> (L.) Less.	Asteraceae	Australia	Herba/Perdu
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski*	Asteraceae	America	Herba/Perdu
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.*	Bignoniaceae	Africa	Herba/Perdu
<i>Canna indica</i> L.*	Cannaceae	America	Herba/Perdu
<i>Mikania scandens</i> (L.) Willd.	Compositae	America	Liana
<i>Ipomoea triloba</i> L.	Convolvulaceae	America	Liana
<i>Luffa acutangula</i> (L.) Roxb.	Cucurbitaceae	India	Liana
<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	Africa, Asia	Liana
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	America	Herba/Perdu
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	America	Herba/Perdu

Jenis	Famili	Asal	Habitus
<i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex Benth.	Fabaceae	Australia, Papua	Pohon
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Fabaceae	Australia, Maluku, Papua	Pohon
<i>Bauhinia purpurea</i> L.	Fabaceae	Asia	Pohon kecil
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Fabaceae	America, Asia	Herba/Perdu
<i>Centrosema pubescens</i> Benth	Fabaceae	America	Herba/Perdu
<i>Crotalaria pallida</i> Blanco.	Fabaceae	Africa	Herba/Perdu
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit*	Fabaceae	America	Herba/Perdu
<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae	America	Herba/Perdu
<i>Mimosa pigra</i> L.*	Fabaceae	America	Herba/Perdu
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	Asia, INA	Herba/Perdu
<i>Hyptis capitata</i> Jacq.	Lamiaceae	America	Herba/Perdu
<i>Lantana camara</i> L.*	Lamiaceae	America	Herba/Perdu
<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Loganiaceae	America	Herba/Perdu
<i>Miconia crenata</i> (Vahl) Michelang	Melastomataceae	America	Herba/Perdu
<i>Melastoma malabathricum</i> L.	Melastomataceae	Asia, INA	Herba/Perdu
<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Meliaceae	America	Pohon
<i>Psidium guajava</i> L.	Myristicaceae	America	Pohon
<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H. Hara	Onagraceae	America	Herba/Perdu
<i>Passiflora edulis</i> Sims.	Passifloraceae	America	Liana
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	America	Liana
<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	Phyllantaceae	Asia, INA	Herba/Perdu
<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth	Piperaceae	America	Herba/Perdu
<i>Piper aduncum</i> (L.)	Piperaceae	America	Pohon kecil
<i>Cenchrus brownii</i> Roem. & Schult.	Poaceae	America	Rumput
<i>Eragrostis unioides</i> (Retz.) Nees ex Steud.	Poaceae	Asia	Rumput
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P.Beauv.*	Poaceae	Asia, INA	Rumput
<i>Ischaemum timorense</i> Kunth	Poaceae	Asia, INA	Rumput
<i>Paspalum conjugatum</i> P.J.Bergius	Poaceae	America	Rumput
<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	Poaceae	Africa	Rumput
<i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.)	Poaceae	Africa	Rumput
<i>Polygala paniculata</i> L.	Polygalaceae	America	Herba/Perdu

Jenis	Famili	Asal	Habitus
<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	Polygonaceae	Mexico	Herba/Perdu
<i>Portulaca arelacea</i> L.	Portulacaceae	Africa, Asia	Herba/Perdu
<i>Spermacoce alata</i> Aubl.	Rubiaceae	America	Herba/Perdu
<i>Solanum torvum</i> Sw.	Solanaceae	America	Herba/Perdu
<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Sweet	Solanaceae	America	Pohon kecil
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl.	Verbenaceae	America	Herba/Perdu
<i>Lygodium cf. japonicum</i> (Thunb.) Sw.	Lygodiaceae	Asia, INA	Paku

Keterangan: Tanda bintang (*) setelah nama jenis menunjukkan jenis tersebut termasuk 100 Worst Invasive Species (Lowe et al. 2008; Luque et al. 2014)

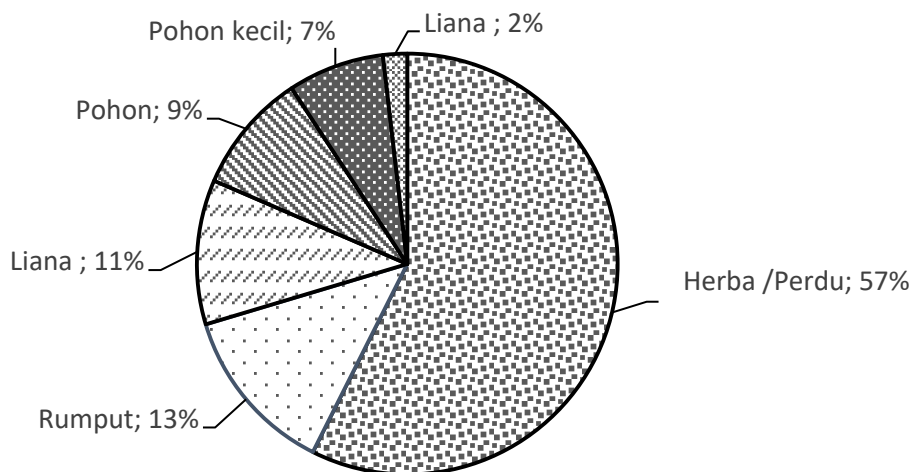
Tiga suku, yaitu: Fabaceae (Kacang-kacangan), Poaceae (Rumput-rumputan) dan Asteraceae (Kenikir-kenikiran) mendominasi hingga 39% dari keseluruhan jenis (Gambar 1). Sebagian besar jenis invasif di KHDTK Samboja merupakan tumbuhan bawah berupa rumput, herba dan liana. Hanya lima jenis yang dapat tumbuh mencapai tingkat pohon atau pohon kecil dengan diameter antara 7-100 cm (Gambar 2).



Gambar 1. Presentase jumlah jenis invasif dari tiap suku di KHDTK Samboja.

Terdapat 45 jenis yang dapat ditemukan di dalam dan luar KHDTK Samboja, dan tujuh jenis merupakan jenis tanaman budidaya dan tanaman hias (ornamental plant) yang hanya ditemukan di areal pertanian dan pemukiman warga sekitar KHDTK Samboja. Tiga jenis invasive ditemukan di hutan primer Rintis Wartono Kardi: *Miconia crenata* (syn. *Clidemia hirta*), *P. aduncum*, dan *M. malabathricum*; sedangkan *A. mangium* ditemukan pada areal rehabilitasi lahan bekas kebakaran tahun 1997-1998 di sepanjang tepi jalan Samboja-Petung dan areal bekas kebakaran km 6. *Spathodea maniculata* ditemukan pada areal hutan sekunder km 1 dan bagian tenggara kawasan yang berbatasan dengan kebun masyarakat. Sebagian besar jenis invasif di KHDTK Samboja ditemukan hanya pada areal terbuka pinggir jalan dan rumpang bekas kebakaran hutan.

Berdasarkan hasil inventarisasi dengan petak pengamatan hanya *M. crenata* dan *S. campanulata* yang ditemukan pada petak pengamatan. *Miconia crenata* memiliki kepadatan sebesar 5.556 individu perhektar ($0,5 \text{ individu/m}^2$), dan frekuensi 56%, dan *S. campanulata* ditemukan pada seluruh tingkat pertumbuhan, dengan nilai kepadatan dan frekuensi berturut turut adalah: Semai ($K=222 \text{ ha}^{-1}$, $F= 0,04$); Pancang ($K= 44 \text{ ha}^{-1}$, $F= 0,04$); Tiang ($K=1,1 \text{ ha}^{-1}$, $F= 0,04$); Pohon ($K=2,78 \text{ ha}^{-1}$, $F= 0,067$).



Gambar 2. Persentase jenis invasif berdasarkan bentuk hidup (*life form*) di KHDTK Samboja.

Pembahasan

Keragaman dan penyebaran jenis invasif di KHDTK Samboja

Dari 52 jenis tumbuhan invasif yang ditemukan, terdapat empat jenis invasif penting di KHDTK Samboja, yaitu: *Acacia mangium*, *Spathodea campanulata*, *Miconia crenata* dan *Piper aduncum*. Keempat jenis ini memiliki penyebaran hingga ke dalam kawasan berhutan, beregenerasi dan menyebar dengan cepat, serta berpotensi mendominasi dan menekan jenis asli di ekosistem alami (Labrada dan Medina 2009; Le et al. 2018; Vicente et al. 2019). Sedangkan jenis-jenis invasif lainnya hanya ditemukan di pinggir jalan, pemukiman, perladangan, dan tidak ditemukan hingga di dalam kawasan hutan.

Acacia mangium ditemukan di sepanjang jalan Samboja-Petung hingga lebih dari 10 meter ke dalam kawasan sebagai bagian dari kegiatan rehabilitasi lahan pasca kebakaran tahun 1997/1998, dan secara sporadis ditemukan juga pada areal terbuka bekas ladang ataupun di kawasan permukiman sebagai pohon peneduh di pekarangan. Namun di dalam kawasan hutan sekunder dan rintis Wartono Kadri, jenis ini tidak ditemukan dan diduga sulit untuk berkembang disebabkan persaingan dengan jenis-jenis lainnya yang telah lebih dahulu ada.

A. mangium memiliki biji berselaput aril tipis yang disenangi burung dan kulit biji yang keras sehingga mampu untuk tidak berkecambah (dormansi) ketika kondisi lingkungan belum mendukung dan mampu bertahan dari api ketika terjadi kebakaran (Palmer et al. 2018). Bahkan, setelah kebakaran, semai jenis ini akan muncul dalam jumlah massal sebagaimana ditemukan di Tahura Bukit Soeharto (Sutedjo dan Warsudi 2017), dan Hutan Lindung Sungai Wain (pengamatan pribadi, 2016, 2018). Walaupun invasif, jenis dari famili kacang-kacangan ini diketahui memiliki kemampuan memperbaiki kondisi tanah kritis dengan melakukan fiksasi nitrogen dalam tanah sehingga mudah diserap oleh tumbuhan (Koutika et al. 2017; Koutika dan Richardson 2019).

Spathodea campanulata ditemukan di pinggir jalan Samboja-Balikpapan km 36 sebagai tanaman peneduh, dan secara mengejutkan ditemukan juga di dalam KHDTK Samboja, jauh dari batas jalan maupun perladangan masyarakat. Introduksi ke dalam kawasan diduga melalui angin karena jenis ini memiliki biji yang ringan dan berselaput tipis seperti sayap lebar. Walaupun di Indonesia belum ada laporan perihal dampak jenis ini terhadap ekosistem hutan maupun lahan pertanian, penelitian di Hawaii, USA, menunjukkan kerusakan ekologis dan kerugian secara ekonomis (Labrada dan Medina 2009). Menariknya, masyarakat Afrika secara tradisional menggunakan ekstrak kulit batang dari *S. campanulata* untuk mengobati luka dan percobaan terhadap tikus di laboratorium menunjukkan hasil yang sama (Ofori-Kwakye et al. 2011). Jenis ini patut di waspadai karena pohon dewasa mampu beregenerasi melalui akar dan patahan cabang (PIER 2016), dan permudaannya diketahui toleran terhadap naungan dan mampu beradaptasi pada rentang ketinggian lokasi yang besar (0-1000 mdpl) (Larrue et al. 2014, 2016) sehingga dapat bersaing dengan jenis asli lainnya. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang perkembangan jenis ini di Kalimantan, khususnya ekologi, penyebaran dan potensi invasi di dalam kawasan hutan.

Miconia crenata termasuk dalam suku Melastomataceae dengan bentuk hidup herba berkayu yang mampu tumbuh di bawah tegakan, dan menjadi sangat padat pada areal terbuka sehingga menghalangi pertumbuhan jenis lainnya. Introduksi ke dalam kawasan terjadi diduga melalui burung, mamalia kecil, dan babi hutan yang dibuktikan dengan keberadaan *M. crenata* yang ditemukan di rintis Wartono Kadri dan areal hutan sekunder yang jauh dari tepi jalan maupun perladangan masyarakat. Namun jenis belum menunjukkan ancaman bagi jenis lain yang ditunjukkan dengan kepadatan yang lebih rendah (0,5/M²) dibandingkan dengan yang ditemukan di pinggir jalan atau jalur pejalan sebagaimana temuan di taman nasional Endau Rompin, Malaysia yang mencapai 3,8/M² (Le et al. 2018) ataupun di kawasan hutan produksi (Padmanaba dan Sheil 2014). Walaupun demikian, frekuensi temuan pada tiap petak pengamatan mencapai 56%, selaras dengan temuan Kudo et al. (2014) yang berkisar antara 12 -100 % pada 6 lokasi lokasi penelitian di TN Gunung Halimun-Salak dan TN. Gunung Gede-Pangrango.

Piper aduncum merupakan jenis dari genus *Piper* yang dapat mencapai tingkat pohon kecil dengan ketinggian 8 meter dan diameter 7 (-10) cm, memiliki buah yang sangat kecil, melimpah sepanjang tahun, dan menjadi pakan bagi burung dan mamalia kecil (Hartemink 2010; Susanto et al. 2018) sehingga sangat mudah menyebar. Memiliki sifat tidak toleran terhadap naungan (*intolerant*), *P. aduncum* cepat berkembang dan mendominasi pada kawasan tepi hutan maupun areal terbuka seperti jalan sarad kayu (*Logging road*), pemukiman, muara sungai, dan semak belukar (Padmanaba and Sheil 2014). Namun, pengamatan pada KHDTK Samboja menunjukkan jenis ini tidak mendominasi pada berbagai tipe vegetasi diatas dikarenakan persaingan dengan jenis invasif maupun non-invasif lainnya. Walaupun invasif, *P. aduncum* diketahui memiliki senyawa kimia yang berguna sebagai anti bakteri, anti jamur, dan pestisida organik (Irawan et al. 2018; Nurmansyah 2017). Hal ini membuka peluang pemanfaatan jenis ini sebagai bagian dari pengendalian jenis invasif untuk berbagai penelitian maupun aplikasi langsung oleh masyarakat.

Selain empat jenis penting di atas, jenis invasif lainnya ditemukan hanya di luar kawasan berhutan yang berbatasan dengan jalan, perladangan, dan pemukiman masyarakat. Jambu biji (*Psidium guajava*), Pare (*Momordica charantia*), dan Gambas (*Luffa acutangula*) hanya ditemukan di pemukiman warga dan areal perladangan. Jenis-jenis invasif dari Fabaceae, Poaceae, dan Asteraceae walaupun kaya dalam jumlah jenis tapi memiliki persebaran yang terbatas di areal terbuka (Jalan, ladang, dan tepi hutan). Hal ini diduga akibat sifat intoleran terhadap naungan yang menyebabkan tidak ditemukan jenis-jenis tersebut di kawasan hutan, bahkan di hutan sekunder yang relatif terbuka dengan tutupan kanopi <75 % (Le et al. 2018).

Melastoma malabathricum merupakan jenis asli tumbuhan Indonesia yang tersebar di seluruh wilayah sebagai tumbuhan perintis dan juga semak di pinggir hutan dan jalan. Selain di areal terbuka, jenis ini juga ditemukan di Rintis Wartono Kadri dan areal hutan sekunder yang jauh dari tepi jalan maupun perladangan masyarakat. Namun, *M. malabathricum* diketahui lebih sering menjadi gulma pada area pertanian atau tumbuh di areal pemukiman warga dan tidak terlihat mendominasi vegetasi di kawasan hutan sekunder dan primer walaupun mampu tumbuh di bawah naungan. Enam jenis tumbuhan invasif asli Indonesia lainnya juga diketahui memiliki sifat serupa (Setyawati et al. 2015).

Keberadaan jenis invasif di KHDTK Samboja berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem hutan alami sebagaimana yang terjadi pada kawasan hutan di beberapa taman nasional dan areal hutan sekunder di Indonesia (Padmanaba et al. 2017; Sutomo et al. 2016; Zahra et al. 2020). Namun, berdasarkan pengamatan dan hasil penjelajahan di dalam KHDTK Samboja, belum terlihat dominansi jenis-jenis invasif tersebut dalam vegetasi hutan sekunder maupun primer. Hal ini memberikan peluang pengendalian sedari dini dan mencegah kerusakan ekosistem akibat kehadiran jenis-jenis invasif ini.

Upaya Pengendalian

Pengendalian jenis invasif di KHDTK Samboja telah dilakukan secara manual (dicabut) dan mekanis (dipotong dengan parang atau mesin pemotong rumput) secara tidak langsung melalui kegiatan pengendalian semak dan gulma secara teratur setiap 6 bulan di sepanjang tepi jalan Samboja-Semoi, dan setahun sekali untuk jalur pejalan di Rintis Wartono Kadri, dan sepanjang jalur penanaman kegiatan rehabilitasi dan pengayaan hutan. Untuk jenis pohon besar seperti *A. mangium* dan *S. campanulata* tidak dilakukan kegiatan pengendalian, kecuali pada tegakan yang berpotensi bahaya di pinggir jalan. Demikian juga jenis-jenis invasif yang ada di dalam kawasan hutan belum dilakukan kegiatan pengendalian dikarenakan keterbatasan sumber daya dan informasi keberadaan jenis tumbuhan invasif yang masih terbatas di kawasan ini.

Pengendalian yang telah dilakukan terlihat tidak efektif dalam menghentikan perkembangan dan invasi jenis tumbuhan invasif di KHDTK Samboja, khususnya untuk jenis-jenis penting yang ditemukan. Hal ini terlihat dari keberadaan dan perkembangan *A. mangium*, *M. crenata*, *P. aduncum*, dan *S. campanulata* di dalam kawasan berhutan KHDTK Samboja yang masih terus beregenerasi. Selain itu, jenis-jenis invasif lainnya yang dikendalikan masih mampu untuk tumbuh kembali setelah kegiatan pemotongan baik dari trubusan batang maupun dari benih yang terkubur dalam tanah (*seed bank*). Untuk itu, direkomendasikan dua tipe kegiatan pengendalian berdasarkan skala waktu, yaitu jangka pendek dan jangka panjang dengan masing-masing teknis kegiatan.

Kegiatan pengendalian jangka pendek yang pertama menekankan pada proses pengenalan jenis invasif serta upaya mencegah jenis invasif lainnya terintroduksi ke dalam KHDTK Samboja. Buku pedoman yang digunakan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan kegiatan pengenalan jenis invasif dengan target peserta adalah pengelola KHDTK Samboja dan para pihak yang berkegiatan di dalam KHDTK Samboja. Dengan mengenali jenis invasif, diharapkan para pihak dapat lebih peduli dalam mengenali, monitoring, mengendalikan, dan mencegah introduksi jenis-jenis tersebut masuk ke dalam KHDTK Samboja. Selain itu, pengenalan terhadap karakteristik morfologi dan asal jenis invasif akan mempermudah dalam penentuan metode pengendaliannya (Barker et al. 2017)

Kegiatan pengendalian jangka pendek yang kedua adalah pengendalian populasi secara cepat dengan melakukan intensifikasi pemangkasan semak dan gulma di areal yang telah rutin dibersihkan. Dengan memperpendek periode pemangkasan, tumbuhan akan sulit mencapai tingkat pertumbuhan berbunga berbuah dan mengurangi potensi regenerasi lebih lanjut, khususnya untuk jenis invasif penting seperti *M. crenata* dan *P. aduncum* dan semai dari *A. mangium* dan *S. campanulata*. Untuk individu tingkat pohon seperti *A. mangium* dilakukan

penebangan dengan memperhatikan kondisi tegakan agar tidak merusak tegakan dari jenis asli ataupun infrastruktur sekitarnya (jalan, pondok petani, dll). Khusus pohon *A. mangium*, penebangan harus dilakukan secara bertahap agar mengurangi bahaya kecelakaan lalu lintas karena sebagian besar populasinya berada di pinggir jalan. Selain itu, sebelum penebangan dilakukan juga pemusnahan terhadap tegakan tingkat semai dan pancang *A. mangium* yang sering ditemukan melimpah di bawah dan sekitar tegakan dewasa (Sutedjo dan Warsudi, 2017).

Kegiatan pengendalian jangka panjang pertama adalah melakukan Penilaian Resiko Tumbuhan Invasif (*Invasive Plant Risk Assessment/IPSRA*). Terdapat beberapa metode penilaian yang telah dikembangkan dalam pengendalian jenis invasif yang dapat diaplikasikan secara langsung maupun diadaptasikan sesuai kondisi di lapangan (Conser et al. 2015; Nackley et al. 2017; Nunez-Mir et al. 2019). Proses penilaian dapat dilakukan bersamaan dengan kegiatan jangka pendek untuk mendukung proses pengendalian berbasis perencanaan dan evaluasi yang baik. Penilaian dilakukan secara berkala dan menyeluruh di seluruh kawasan dan sekitarnya untuk mencegah berkembangnya jenis invasif. Kegiatan ini dapat diselaraskan dengan kegiatan patroli pengamanan dan pencegahan kebakaran yang telah rutin dilakukan.

Kegiatan jangka panjang kedua adalah Eradikasi, yaitu pemusnahan secara destruktif dengan cara mencabut atau memotong hingga bagian akar, dan dimusnahkan dengan cara dibakar atau dicincang. Untuk jenis invasif yang mencapai tingkat pohon seperti *A. mangium* dan *S. campanulata*, selain penebangan secara bertahap, juga dilakukan kegiatan penerasan batang utama untuk memutus aliran nutrisi dari akar sehingga pohon akan mati secara perlahan. Monitoring hasil eradikasi dilakukan secara periodik untuk mengamati dampak dan keberhasilan kegiatan terhadap individu jenis invasif (Prasad et al. 2018).

Penggunaan bahan kimia dalam proses penebasan gulma dan semak serta penerasan pohon sedapat mungkin dihindari. Walaupun beberapa bahan kimia berdampak langsung dan dalam waktu yang singkat mampu membunuh jenis herba dan rumput, penggunaannya memiliki potensi negatif pada lingkungan untuk jangka panjang (Ledoux et al. 2020; Nivellet et al. 2018; Raj dan Syriac 2017). Selain itu, faktor keamanan personel pada saat penggunaan bahan kimia seperti herbisida juga lebih tinggi dan dapat menimbulkan gangguan kesehatan jika tidak mendapatkan pelatihan terlebih dahulu. Sebagai tambahan, dikhawatirkan ada pengaruh negatif terhadap keberadaan hewan-hewan pemakan daun atau rumput yang ada di KHDTK Samboja seperti Kijang, Rusa dan Kancil.

Kegiatan jangka panjang ketiga adalah restorasi ekosistem, yaitu penanaman kembali tapak setelah pengendalian jenis invasif dengan jenis-jenis tumbuhan asli di KHDTK Samboja. Diutamakan jenis asli yang cepat tumbuh seperti *Macaranga* spp. atau *Syzygium* spp. dengan ukuran bibit yang cukup dewasa untuk memberikan efek naungan terhadap jenis-jenis invasif agar tidak cepat tumbuh besar atau bahkan tidak berkecambah untuk benih di dalam tanah.

Kegiatan jangka panjang keempat adalah penyadartahuan tentang jenis-jenis invasif dan bahayanya, ditujukan kepada masyarakat sekitar kawasan maupun personil yang akan berkegiatan dan atau melintas di KHDTK Samboja. Secara teknis, penyadartahuan ini dapat dilakukan dengan cara alih teknologi maupun kampanye melalui media sosial dan penerbitan buku manual pengenalan dan teknik pengendalian jenis invasif. Pembuatan pangkalan data jenis invasif yang akurat, berbasis dalam jaringan (*online*) dan dapat diakses secara bebas oleh masyarakat khususnya di Kalimantan Timur juga dapat dilakukan bersama dengan tim website Balitek KSDA. Manajemen data yang baik dan pelibatan para pihak akan menambah daya guna informasi jenis invasif dan pengembangan manfaat dalam pengendalian jenis invasif di KHDTK Samboja (Groom et al. 2017; Rahayu et al. 2018).

SIMPULAN

Terdapat 52 jenis tumbuhan invasif di KHDTK samboja, dengan empat jenis diantaranya merupakan jenis invasif penting, yang tersebar di areal terbuka dan dalam kawasan hutan. Jenis-jenis ini memiliki potensi menyebabkan kerusakan ekosistem dan turunnya keanekaragaman hayati akibat perkembangan jenis-jenis invasif di dalam kawasan yang berhutan dapat terjadi. Pengendalian jenis invasif yang telah dilakukan terlihat belum efektif yang ditunjukkan dengan keberadaan jenis invasif yang masih ada di KHDTK samboja. Rencana pengendalian secara cepat dapat dilaksanakan dengan pengenalan jenis invasif, pemangkasan berulang dengan waktu lebih cepat, penebangan, serta pencegahan masuknya jenis asing baru ke dalam KHDTK Samboja. Dalam jangka panjang, penilaian resiko dan dampak, eradikasi, dan pelibatan masyarakat menjadi tahapan penting dalam upaya pengendalian jenis invasif dengan mempertimbangkan sumberdaya pengelola KHDTK Samboja dan kondisi kawasan yang terinvasi jenis asing.

SANWACANA

Terima kasih disampaikan kepada Fitra Al-Hani, Mardi T. Rengku, Zainal Arifin, Priyono, Yusub Wibisono yang telah membantu dalam pengumpulan data dan identifikasi jenis di lapangan. Kegiatan penelitian ini bagian dari kegiatan pengelolaan KHDTK Samboja dengan fokus kegiatan pengamatan keanekaragaman hayati.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M. D., Hendra, M., and Hariani, N. 2019. Komposisi Dan Struktur Hutan Riparian Sebagai Penahan Gelombang di Desa Semayang Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA* 10(1): 116. DOI: 10.26418/jpmipa.v10i1.27515
- Alhani, F., Manurung, T. F., and Darwati, H. 2015. Keanekaragaman jenis vegetasi pohon di kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Hutan Lestari* 3(4): 590–598.
- Atmoko, T., Yassir, I., Sitepu, B. S., Mukhlisi, Widuri, S., Muslim, T., Mediawati, I., and Ma'ruf, A. 2015. *Keanekaragaman Hutan Rintis Wartono Kadri*. (A. Bratawinata, C. Boer, and S. Sutedjo, eds.) Balitek KSDA, Samboja.
- Barker, B. S., Andonian, K., Swope, S. M., Luster, D. G., and Dlugosch, K. M. 2017. Population genomic analyses reveal a history of range expansion and trait evolution across the native and invaded range of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*). *Molecular Ecology* 26(4): 1131–1147. DOI: doi:10.1111/mec.13998.
- Basari, Z. 2012. Teknik Pembongkaran Tumbuhan Invasif *Acacia nilotica* (L) Willd. Ex. Del Dengan Tirfor di Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. DOI: 10.20886/jpjh.2012.30.4.279-290
- Brown, P., and Daigault, A. 2014. Cost-benefit analysis of managing the invasive African tulip tree (*Spathodea campanulata*) in the Pacific. *Environmental Science and Policy* 39: 65–76. DOI: 10.1016/j.envsci.2014.02.004
- Büyüktaktın, İ. E., and Haight, R. G. 2018. A review of operations research models in invasive species management: state of the art, challenges, and future directions. *Annals of Operations Research* 271(2): 357–403. DOI: 10.1007/s10479-017-2670-5
- Conser, C., Seebacher, L., Fujino, D. W., Reichard, S., and Di Tomaso, J. M. 2015. The development of a plant risk evaluation (PRE) tool for assessing the invasive potential of

- ornamental plants. *PLoS ONE* 10(3): 1–16. DOI: 10.1371/journal.pone.0121053
- Gaertner, M., Nottebrock, H., Fourie, H., Privett, S. D. J., and Richardson, D. M. 2012. Plant invasions, restoration, and economics: Perspectives from South African fynbos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. DOI: 10.1016/j.ppees.2012.05.001
- Gardener, M. R., Atkinson, R., and Rentería, J. L. 2010. Eradications and people: Lessons from the plant eradication program in Galapagos. *Restoration Ecology* 18(1): 20–29. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00614.x
- Groom, Q. J., Adriaens, T., Desmet, P., Simpson, A., De Wever, A., Bazos, I., Cardoso, A. C., Charles, L., Christopoulou, A., Gazda, A., Helmisaari, H., Hobern, D., Josefsson, M., Lucy, F., Marisavljevic, D., Oszako, T., Pergl, J., Petrovic-Obradovic, O., Prévot, C., Ravn, H. P., Richards, G., Roques, A., Roy, H. E., Rozenberg, M.-A. A., Scalera, R., Tricarico, E., Trichkova, T., Vercayie, D., Zenetos, A., and Vanderhoeven, S. 2017. Seven Recommendations to Make Your Invasive Alien Species Data More Useful. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics* 3(June): 1–8. DOI: 10.3389/fams.2017.00013
- Hartemink, A. E. 2010. The invasive shrub piper aduncum in papua new Guinea: A Review. *Journal of Tropical Forest Science* 22(2): 202–213.
- Irawan, J., Rustam, R., and Fauzana, H. 2018. Uji Pestisida Nabati Sirih Hutan (Piper aduncum L .) Terhadap Larva Kumbang Tanduk Oryctes rhinoceros L . Pada Tanaman Kelapa Sawit. *Agroteknologi* 9(1): 41–50.
- Koutika, L. S., and Richardson, D. M. 2019. *Acacia mangium* willd: Benefits and threats associated with its increasing use around the world. *Forest Ecosystems* 6(1): 1–13. DOI: 10.1186/s40663-019-0159-1
- Koutika, L. S., Tchichelle, S. V., Mareschal, L., and Epron, D. 2017. Nitrogen dynamics in a nutrient-poor soil under mixed-species plantations of eucalypts and acacias. *Soil Biology and Biochemistry* 108: 84–90. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.01.023
- Kuo, Y. L., Chen, T. Y., and Lin, C. C. 2002. Using a consecutive-cutting method and allelopathy to control the invasive vine, *Mikania micrantha* H.B.K. *Taiwan Journal of Forest Science* 17(2): 171–181.
- Labrada, R., and Medina, A. D. 2009. The invasiveness of the african tulip tree, *Spathodea campanulata* Beauv. *Biodiversity* 10(2–3): 79–82. DOI: 10.1080/14888386.2009.9712848
- Larrue, S., Daehler, C. C., Meyer, J. Y., Pouteau, R., and Voldoire, O. 2016. Elevational distribution and photosynthetic characteristics of the invasive tree *Spathodea campanulata* on the island of Tahiti (South Pacific Ocean). *NeoBiota* 30: 127–149. DOI: 10.3897/neobiota.30.8201
- Larrue, S., Daehler, C., Vautier, F., and Bufford, J. L. 2014. Forest Invasion by the African Tulip Tree (*Spathodea campanulata*) in the Hawaiian Islands: Are Seedlings Shade-Tolerant? . *Pacific Science* 68(3): 345–358. DOI: 10.2984/68.3.4
- Le, C., Fukumori, K., Hosaka, T., Numata, S., Hashim, M., and Kosaki, T. 2018. The distribution of an invasive species, *Clidemia hirta* along roads and trails in endau rompin national park, Malaysia. *Tropical Conservation Science* 11: 1–9. DOI: 10.1177/1940082917752818
- Ledoux, M. L., Hettiarachchy, N., Yu, X., Howard, L., and Lee, S.-O. 2020. Penetration of glyphosate into the food supply and the incidental impact on the honey supply and bees. *Food Control* 109: 106859. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106859>
- Lowe, S., Browne, M., and Boudjelas, S. 2008. *100 of the World ' S Worst Invasive Alien Species*. DOI: 10.1614/WT-04-126.1
- Luque, G. M., Bellard, C., Bertelsmeier, C., Bonnaud, E., Genovesi, P., Simberloff, D., and Courchamp, F. 2014. The 100th of the world's worst invasive alien species. *Biological Invasions* 16(5): 981–985. DOI: 10.1007/s10530-013-0561-5

- Master, J., Tjitrosoedirdjo, S. S., Qayim, I., and Tjitrosoedirdjo, S. 2013. Ecological impact of *Merremia peltata* (L.) merrill Invasion on plant diversity at bukit barisan selatan national park. *Biotropia* 20(1): 29–37. DOI: 10.11598/btb.2013.20.1.29
- Mukaromah, L., and Imron, M. A. 2020. Invasive plants species in the disturbed forest of Batukahu Nature Reserve, Bali, Indonesia. *Biotropia* 27(1): 1–17.
- Nackley, L. L., West, A. G., Skowno, A. L., and Bond, W. J. 2017. The Nebulous Ecology of Native Invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 32(11): 814–824. DOI: 10.1016/j.tree.2017.08.003
- Nivelle, E., Verzeaux, J., Chabot, A., Roger, D., Chesnais, Q., Ameline, A., Lacoux, J., Nava-Saucedo, J. E., Tétu, T., and Catterou, M. 2018. Effects of glyphosate application and nitrogen fertilization on the soil and the consequences on aboveground and belowground interactions. *Geoderma* Elsevier 311(October): 45–57. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.10.002
- Nunez-Mir, G. C., Guo, Q., Rejmánek, M., Iannone, B. V., and Fei, S. 2019. Predicting invasiveness of exotic woody species using a traits-based framework. *Ecology* 100(10): 1–11. DOI: 10.1002/ecy.2797
- Nurmansyah, N. 2017. Pengaruh minyak nabati *Piper aduncum* sebagai fungisida terhadap jamur *Sclerotium rolfsii* menurut ketinggian lokasi tanam dan waktu penyulingan. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat* 27(2): 149. DOI: 10.21082/bullitro.v27n2.2016.149-156
- Ofori-Kwakye, K., Kwapong, A. A., and Bayor, M. T. 2011. Wound healing potential of methanol extract of *Spathodea campanulata* stem bark formulated into a topical preparation. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* 8(3): 218–223. DOI: 10.4314/ajtcam.v8i3.65280
- Ormsby, M., and Brenton-Rule, E. 2017. A review of global instruments to combat invasive alien species in forestry. *Biological Invasions* 19(11): 3355–3364. DOI: 10.1007/s10530-017-1426-0
- Padmanaba, M., and Sheil, D. 2014. Spread of the invasive alien species *Piper aduncum* via logging roads in Borneo. *Tropical Conservation Science* 7(1): 35–44. DOI: 10.1177/194008291400700108
- Padmanaba, M., Tomlinson, K. W., Hughes, A. C., and Corlett, R. T. 2017. Alien plant invasions of protected areas in Java, Indonesia. *Scientific Reports* Nature Publishing Group 7(1). DOI: 10.1038/s41598-017-09768-z
- Palmer, H. D., Denham, A. J., and Ooi, M. K. J. 2018. Fire severity drives variation in post-fire recruitment and residual seed bank size of *Acacia* species. *Plant Ecology* 219(5): 527–537. DOI: 10.1007/s11258-018-0815-5
- PIER. 2016. Pacific island ecosystems at risk: *Spathodea campanulata*. <http://www.hear.org/pier/species/spathodea_campanulata.htm> (Jul. 26, 2019).
- Prasad, A., Ratnam, J., and Sankaran, M. 2018. Rainfall and removal method influence eradication success for *Lantana camara*. *Biological Invasions* Springer International Publishing 20(12): 3399–3407. DOI: 10.1007/s10530-018-1785-1
- Rahayu, S., Basuni, S., Kartono, A. P., and Hikmat, A. 2018. Pemetaan para pihak dalam pemulihan KHDTK Samboja. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan* 15(2): 127–142.
- Rahayu, S., Basuni, S., Kartono, A. P., Hikmat, A., and Noordwijk, M. 2017. Tree Species Composition of 1.8 Ha Plot Samboja Research Forest: 28 Years After Initial Fire. *Indonesian Journal of Forestry Research* 4(2): 95–106. DOI: 10.20886/ijfr.2017.4.2.95-106
- Raj, S. K., and Syriac, E. K. 2017. Herbicidal effect on the bio-indicators of soil health- A review. *Journal of Applied and Natural Science* 9(4): 2438–2448. DOI: 10.31018/jans.v9i4.1551

- Rugayah, R., Windadri, F., and Hidayat, A. 2004. Pengumpulan Data Taksonomi. in: *Pedoman Pengumpulan data keanekaragaman flora* R. Rugayah, E. Widjaya, and P. Praptiwi, eds. Bogor.
- Sayfulloh, M. A., Riniarti, M., and Santoso, T. 2020. Jenis-Jenis Tumbuhan Asing Invasif di Resort Sukaraja Atas , Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Jurnal Sylva Lestari* 8(1): 109–120.
- Setyawati, T., Narulita, S., Bahri, I. P., and Raharjo, G. T. 2015. *A Guide Book to Invasive Alien Plant Species*. BLI KLHK, Bogor.
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E., and Vilà, M. 2013. Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution* 28(1): 58–66. DOI: 10.1016/j.tree.2012.07.013
- Smith-Ramírez, C., Vargas, R., Castillo, J., Mora, J. P., and Arellano-Cataldo, G. 2017. Woody plant invasions and restoration in forests of island ecosystems: lessons from Robinson Crusoe Island, Chile. *Biodiversity and Conservation* 26(7): 1507–1524. DOI: 10.1007/s10531-017-1317-9
- Sunaryo, S. 2015. Identifikasi tumbuhan asing invasif di Taman Nasional Tanjung Puting, Kalimantan Tengah. in: *Prosiding Seminas Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* 1034–1039. DOI: 10.13057/psnmbi/m010512
- Susanto, D., Sudrajat, Suwinarti, W., and Amirta, R. 2018. Seed Germination and Cuttings Growth of *Piper Aduncum*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 144(1). DOI: 10.1088/1755-1315/144/1/012018
- Sutedjo, S., and Warsudi, W. 2017. Menakar sifat invasif spesies Akasia mangium (*Acacia mangium* Willd.) di hutan penelitian dan pendidikan Bukit Soeharto. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis* 1(1): 82–89. DOI: 10.32522/u-jht.v1i1.795
- Sutomo, Van Etten, E., and Wahab, L. 2016. Proof of *Acacia nilotica* stand expansion in bekol savanna, baluran national park, east java, indonesia through remote sensing and field observations. *Biodiversitas* 17(1): 96–101. DOI: 10.13057/biodiv/d170114
- Tampubolon, K., Sihombing, N., Purba, Z., Samosir, S., and Karim, S. 2018. Potensi metabolit sekunder gulma sebagai pestisida nabati di Indonesia Potency of secondary metabolite from weeds as natural pesticides in Indonesia Pendahuluan Manfaat dan Mekanisme Metabolit Sekunder Gulma. *Jurnal Kultivasi* 17(3): 683–693. DOI: 10.24198/kltv.v17i3
- Tjitrosemito, S., Setyawati, T., and Susmianto, A. 2013. Invasive Plant Species Risk Management for Forestry Sector in Indonesia. in: *Forest and Biodiversity* M. Langi, J. S. Tasirin, H. Walangitan, and G. Masson, eds. Manado Forest Reserch Institute, Manado 223–235.
- Tjitrosoedirdjo, S. S. 2005. Inventory of the Invasive Alien Plant Species in Indonesia. *Biotropia* 0(25): 60–73. DOI: 10.11598/btb.2005.0.25.209
- Utami, S., Anggoro, S., and Soeprbowati, T. R. 2017. Diversity of invasive plants in the Panjang Island reserve Jepara Central Java, Indonesia. *Advanced Science Letters American Scientific Publishers* 23(7): 6493–6494. DOI: 10.1166/asl.2017.9663
- Vicente, J. R., Kueffer, C., Richardson, D. M., Vaz, A. S., Cabral, J. A., Hui, C., Araújo, M. B., Kühn, I., Kull, C. A., Verburg, P. H., Marchante, E., and Honrado, J. P. 2019. Different environmental drivers of alien tree invasion affect different life-stages and operate at different spatial scales. *Forest Ecology and Management* 433: 263–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.065>
- Widjaja, E., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E., and Semiadi, G. 2014. *Kekinian Keanekaragaman Hayati Indonesia 2014*. LIPI Press, Jakarta. DOI: 10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Zahra, S., Hofstetter, R. W., Waring, K. M., and Gehring, C. 2020. The invasion of *Acacia*

nilotica in baluran national park, indonesia, and potential future control strategies.
Biodiversitas Society for Indonesian Biodiversity. DOI: 10.13057/biodiv/d210115