



Pengaruh tipe penggunaan lahan dalam membentuk komunitas semut dan layanan ekosistem yang diberikan

Effect of land-use types on shaping ant community structure and their provided ecosystem services

Muhammad Badrus Sholih^{1*}, Damayanti Buchori¹,
Idham Sakti Harahap¹, Akhmad Rizali²

¹Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga IPB, Bogor 16680

²Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang 65145

(diterima Juni 2018, disetujui Juli 2019)

ABSTRAK

Semut menyediakan berbagai layanan ekosistem, seperti predasi dan penguraian. Layanan ekosistem semut pada berbagai tipe penggunaan lahan dapat dipengaruhi oleh jenis-jenis semut yang dominan di wilayah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh tipe penggunaan lahan dalam membentuk komunitas semut dan layanan ekosistem yang diberikan. Penelitian ini dilakukan pada empat tipe penggunaan lahan, yaitu hutan sekunder, hutan karet, perkebunan karet, dan perkebunan kelapa sawit di Jambi dari bulan April sampai Juni 2014. Pada setiap tipe penggunaan lahan dibuat empat plot berukuran 50 m x 50 m sebagai ulangan. Semut dikoleksi menggunakan metode pengumpanan dengan larva *Corcyra cephalonica* (Stainton) yang direkatkan pada piring plastik kemudian diletakkan di permukaan tanah dan batang pohon. Layanan ekosistem semut diukur dengan mengamati larva *C. cephalonica* yang berhasil diangkut oleh semut dalam waktu satu jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hutan sekunder memiliki jumlah spesies semut tertinggi dibandingkan dengan tipe penggunaan lahan lainnya. Tipe penggunaan lahan tidak berdampak pada jumlah spesies semut, namun berdampak pada komposisi spesies semut. Pengangkutan larva *C. cephalonica* terbanyak yang dilakukan oleh semut terjadi di hutan sekunder. Semut yang berperan penting dalam layanan ekosistem sebagai predator pada penelitian ini adalah *Achantomyrmex* sp. 01, *Aenictus* sp. 01, *Carebara* sp. 01, *Tetramorium* sp. 02, *Odontoponera denticulata*, *Tetramorium* sp. 03, *Crematogaster* sp. 02, *Anoplolepis gracilipes*, dan *Rhoptromyrmex* sp. 01.

Kata kunci: hutan sekunder, layanan ekosistem, pengumpanan, predator

ABSTRACT

Ants provide important ecosystem services such as predation and decomposition. The ecosystem services in different land-use systems will be influenced by the dominant ants species in those areas. The objectives of this study were to investigate the impact of land use types on ant community structure and to measure the ecosystem service provided by ants. The study was done in several land-use types in Jambi i.e. secondary forest, jungle rubber, rubber plantation, and oil palm plantation during April–June 2014. In each land-use type, four plots were selected with a size of 50 m x 50 m for each plot. Each plot consisted of five subplots of 5 m x 5 m. In each plot, a tree was chosen for further observation on ant diversity and its ecosystem services. Ants were collected with the baiting method using *Corcyra cephalonica* (Stainton) larva that was laid on a plastic plate and

*Penulis korespondensi: Muhammad Badrus Sholih. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Tel/Faks: 0251-8629364/0251-8629362, Email: muhammad.badrussholih@gmail.com

put on the ground and on the tree stem. Ecosystem services were measured by observing the number of *C. cephalonica* larvae that were carried or removed by ants within a 1-hour observation. The results showed that the forest has the highest ant species richness than other land-use types. Land-use types have no impact on ant species richness but affected ants species composition. The highest removal *C. cephalonica* by ants was found in the secondary forest. Ants that played important role in ecosystem service in this study as predator were *Achantomyrmex* sp. 01, *Aenictus* sp.01, *Carebara* sp. 01, *Tetramorium* sp. 02, *Odontoponera denticulata*, *Tetramorium* sp. 03, *Crematogaster* sp. 02, *Anoplolepis gracilipes*, and *Rhoptromyrmex* sp.01.

Key words: baiting trap, jungle rubber, predator, regulating service, secondary forest

PENDAHULUAN

Semut memiliki peran penting dalam ekosistem, yaitu sebagai predator. Semut terlibat dalam proses predasi yang termasuk dalam layanan ekosistem pengatur (*regulating services*) yang bermanfaat bagi manusia sebagai pengendali hama tanaman (Bommarco et al. 2013). Semut *Anoplolepis gracilipes* (Smith, F.), *Camponotus*, dan *Crematogaster* merupakan semut yang dapat mengendalikan kutu *Pseudococcus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae) dan *Cerataphis* sp. (Hemiptera: Aphididae) pada perkebunan kelapa sawit (Azhar 2015). Penelitian lain menyebutkan bahwa penggunaan semut hitam (*Dolichoderus* sp.) dapat digunakan sebagai predator yang dapat menekan serangan hama penggerek buah kakao sebanyak 5% dan menambah produksi kakao sebesar 22,5% (Anshary & Pasaru 2008; Anshary 2009).

Semut memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi dan merupakan organisme yang responsif terhadap berbagai gangguan lingkungan. Di Indonesia perubahan tipe penggunaan lahan dari lahan hutan menjadi lahan hutan karet, perkebunan karet, dan perkebunan kelapa sawit dapat menyebabkan berkurangnya keanekaragaman spesies yang ada di dalamnya termasuk semut (Rubiana et al. 2015; Drescher et al. 2016). Namun, belum jelas tentang apakah perubahan tipe penggunaan lahan memengaruhi layanan ekosistem yang diberikan oleh semut. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kapasitas ekosistem dalam menyediakan layanan ekosistem menjadi berkurang karena berkurangnya keanekaragaman hayati (Fragoso et al. 1997; Dobson et al. 2006). Sebagai contoh pada tipe penggunaan lahan hutan pinus, lahan bekas terbakar, perkebunan oak, semak, kebun zaitun yang dikelola, dan kebun zaitun yang dibiarkan memiliki keanekaragaman serangga penyerbuk

dan tingkat polinasi yang berbeda (Potts et al. 2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tipe penggunaan lahan dalam membentuk komunitas semut dan layanan ekosistem yang diberikan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan April sampai Juni 2014 di empat tipe penggunaan lahan, yaitu hutan sekunder, hutan karet, perkebunan karet, dan perkebunan kelapa sawit yang tersebar di kawasan Hutan Harapan Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Pada setiap tipe penggunaan lahan dibuat empat plot berukuran 50 m x 50 m sebagai ulangan. Di dalam setiap plot ditentukan lima subplot dengan ukuran 5 m x 5 m. Pada setiap subplot ditentukan satu pohon untuk pengamatan keanekaragaman dan layanan ekosistem semut.

Pengambilan sampel dan studi layanan ekosistem semut predator

Pengambilan sampel semut dilakukan dengan menggunakan metode pengumpanan (Bestelmeyer et al. 2000). Umpan yang digunakan adalah larva *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) instar keempat. Larva direkatkan menggunakan kertas berpererekat (kertas label) pada piring plastik dengan diameter 20 cm. Penggunaan kertas berpererekat bertujuan agar larva *C. cephalonica* tetap ditempat. Pada setiap piring palstik diletakkan 5 larva. Piring plastik kemudian diletakkan di permukaan tanah sejauh 1 m dari batang pohon dan di batang pohon setinggi 1 m dari permukaan tanah pada setiap subplot pengamatan. Jenis semut yang datang dan jumlah larva yang diangkut oleh semut dicatat setiap 15

menit selama 1 jam. Pengamatan dilakukan pada selang waktu antara pukul 09.00 sampai 12.00. Layanan ekosistem semut diukur dengan tingkat pemangsaan larva oleh semut yang terjadi pada suatu lahan. Tingkat pemangsaan larva oleh semut diukur dengan banyaknya larva *C. cephalonica* yang berhasil diangkut oleh semut dari piring dalam waktu satu jam. Semut yang mendatangi umpan kemudian dikoleksi dalam botol koleksi berdiameter 3 cm dengan tinggi 5 cm lalu diisi alkohol 70% dan diberi label untuk diidentifikasi.

Identifikasi semut

Semut hasil koleksi dari lapangan kemudian diidentifikasi di laboratorium. Semut diidentifikasi sampai tingkat morfospesies menggunakan kunci identifikasi (Holladober & Wilson 1990; Hashimoto 2003).

Analisis data

Data keanekaragaman spesies semut ditabulasikan ke dalam *database* yang kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *R Statistic* (R Core Team 2018). Data jumlah spesies semut kemudian dibandingkan antara tipe penggunaan lahan menggunakan ANOVA pada taraf nyata 0,01. *Analisis of Similarity* (ANOSIM) digunakan untuk mendapatkan nilai statistik koefisien perbedaan. *Non-metric multidimensional scaling* (NMDS) digunakan untuk menampilkan perbedaan spesies semut antara tipe penggunaan lahan dalam bentuk ordinasi (Clarke 1993).

Layanan ekosistem semut pada setiap tipe penggunaan lahan diukur dari rata-rata persentase *C. cephalonica* yang terangkut oleh semut pada setiap tipe penggunaan lahan tersebut. Kemampuan masing-masing semut mengangkut *C. cephalonica* pada setiap tipe penggunaan lahan dihitung dalam satuan jumlah rata-rata *C. cephalonica* yang diangkut per jam yang dihitung dengan rumus yang mengacu pada nilai rata-rata (Walpole 1993), yaitu jumlah seluruh data dibagi dengan jumlah titik data yang diamati. Maka, kemampuan semut mengangkut mangsa dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kemampuan semut mengangkut mangsa (\%)} = \frac{\text{Jumlah umpan larva yang diangkut semut tertentu}}{\text{Jumlah tempat umpan yang didatangi semut tertentu}}$$

HASIL

Komunitas semut pada tipe penggunaan lahan berbeda

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada empat tipe penggunaan lahan ditemukan 25 spesies semut yang termasuk dalam 18 genus dan 5 subfamili (Tabel 1). Spesies semut yang paling banyak ditemukan adalah spesies semut dari genus *Crematogaster*, yaitu sebanyak 4 spesies.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tipe penggunaan lahan tidak memengaruhi jumlah spesies semut (Gambar 1, $F_{3,12} = 0,619$, $P = 0,618$). Jenis semut yang mendatangi umpan *C. cephalonica* paling tinggi terdapat pada hutan sekunder, yaitu rata-rata sebanyak 4,25 spesies, sedangkan yang paling rendah pada perkebunan kelapa sawit, yaitu sebanyak 2,75 spesies.

Hasil *ANOSIM* menunjukkan terdapat perbedaan komposisi spesies semut antara tipe penggunaan lahan ($R = 0,62$, $P = 0,001$). Selain itu, berdasarkan analisis NMDS diketahui bahwa tipe penggunaan lahan hutan sekunder, hutan karet, perkebunan karet, dan perkebunan kelapa sawit saling terpisah yang menandakan bahwa komposisi spesies semut antara tipe penggunaan lahan berbeda (Gambar 2).

Layanan ekosistem semut sebagai predator pada beberapa tipe penggunaan lahan

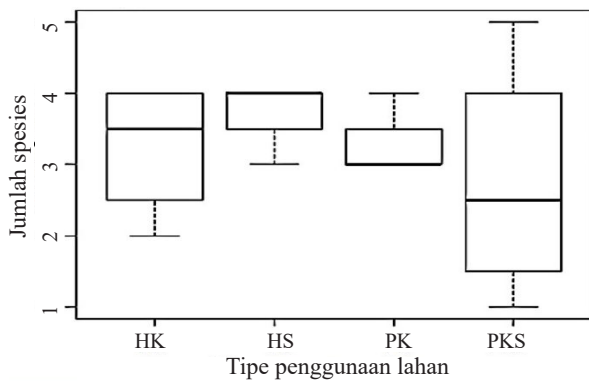
Berdasarkan pengamatan, persentase jumlah larva *C. cephalonica* yang diangkut oleh semut per jamnya berbeda pada setiap penggunaan lahan (Gambar 3). Umpan larva *C. cephalonica* yang paling banyak diangkut oleh semut adalah pada penggunaan lahan hutan sekunder, yaitu sebanyak 75%.

Terdapat beberapa spesies semut yang memiliki kemampuan mengangkut larva paling cepat pada empat tipe penggunaan lahan tersebut (Gambar 4). Pada tipe penggunaan lahan hutan sekunder terdapat empat spesies semut yang relatif lebih cepat mengangkut larva dibandingkan dengan spesies semut lainnya, yaitu semut *Achantomyrmex* sp. 01, *Aenictus* sp. 01, *Carebara* sp. 01, dan *Tetramorium* sp. 02. Pada tipe penggunaan lahan hutan karet semut yang mengangkut larva paling cepat adalah semut *Odontoponera denticulata* (F. Smith). Pada tipe penggunaan lahan perkebunan karet semut yang mampu mengangkut lima larva dalam waktu satu jam adalah semut

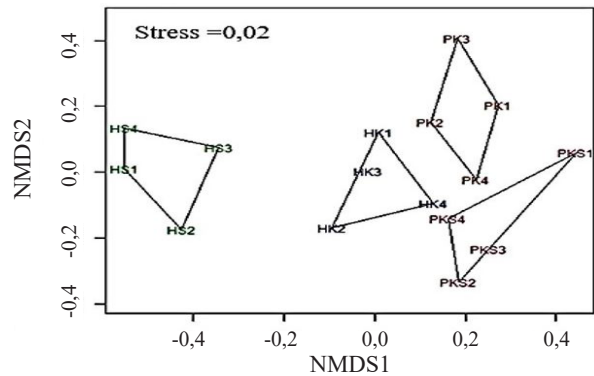
Tabel 1. Jenis-jenis semut yang mendatangi umpan *Corcyra cephalonica*

Subfamili Spesies	Tipe penggunaan lahan*			
	Hutan sekunder	Hutan karet	Perkebunan keret	Perkebunan kelapa sawit
Aenectinae				
<i>Aenictus</i> sp. 01	+	-	-	-
Dolichoderinae				
<i>Zapinoma melanocephalum</i>	-	+	+	-
Formicinae				
<i>Camponotus gigas</i>	+	-	-	-
<i>Polyrhachis</i> sp. 01	-	+	-	-
<i>Nylanderia</i> sp. 01	-	+	-	+
<i>Anoplolepis gracilipes</i>	-	+	+	+
Myrmicinae				
<i>Achantomyrmex</i> sp. 01	+	-	-	-
<i>Lophomyrmex</i> sp. 01	+	-	-	-
<i>Carebara</i> sp. 01	+	-	-	-
<i>Tetramorium</i> sp. 02	+	-	-	-
<i>Crematogaster rogenhoferi</i>	-	+	-	-
<i>Meranoplus castaneus</i>	-	+	-	-
<i>Tetramorium</i> sp. 01	-	+	-	-
<i>Crematogaster</i> sp. 01	-	-	+	-
<i>Crematogaster</i> sp. 02	-	-	+	-
<i>Tetramorium</i> sp. 03	-	-	+	-
<i>Pheidole</i> sp. 03	-	-	+	-
<i>Monomorium</i> sp. 01	-	-	+	+
<i>Pheidole</i> sp. 01	-	-	-	+
<i>Pheidole</i> sp. 02	-	-	-	+
<i>Rhoptromyrmex</i> sp. 01	-	-	-	+
Ponerinae				
<i>Diacamma rugosum</i>	+	-	-	-
<i>Odontomachus</i> sp. 01	+	+	-	-
<i>Odontoponera transversa</i>	+	+	-	-
<i>Odontoponera denticulata</i>	-	+	+	+

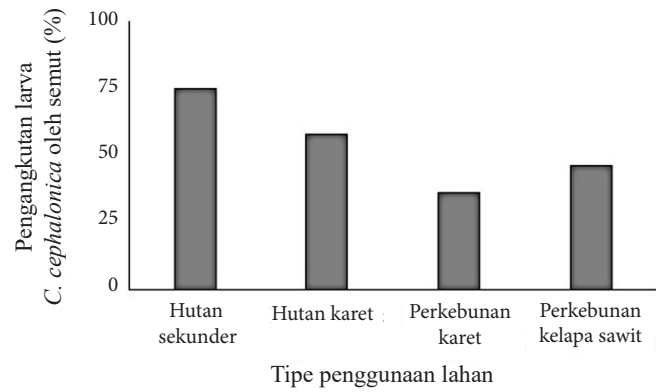
* + : ditemukan, - : tidak ditemukan.



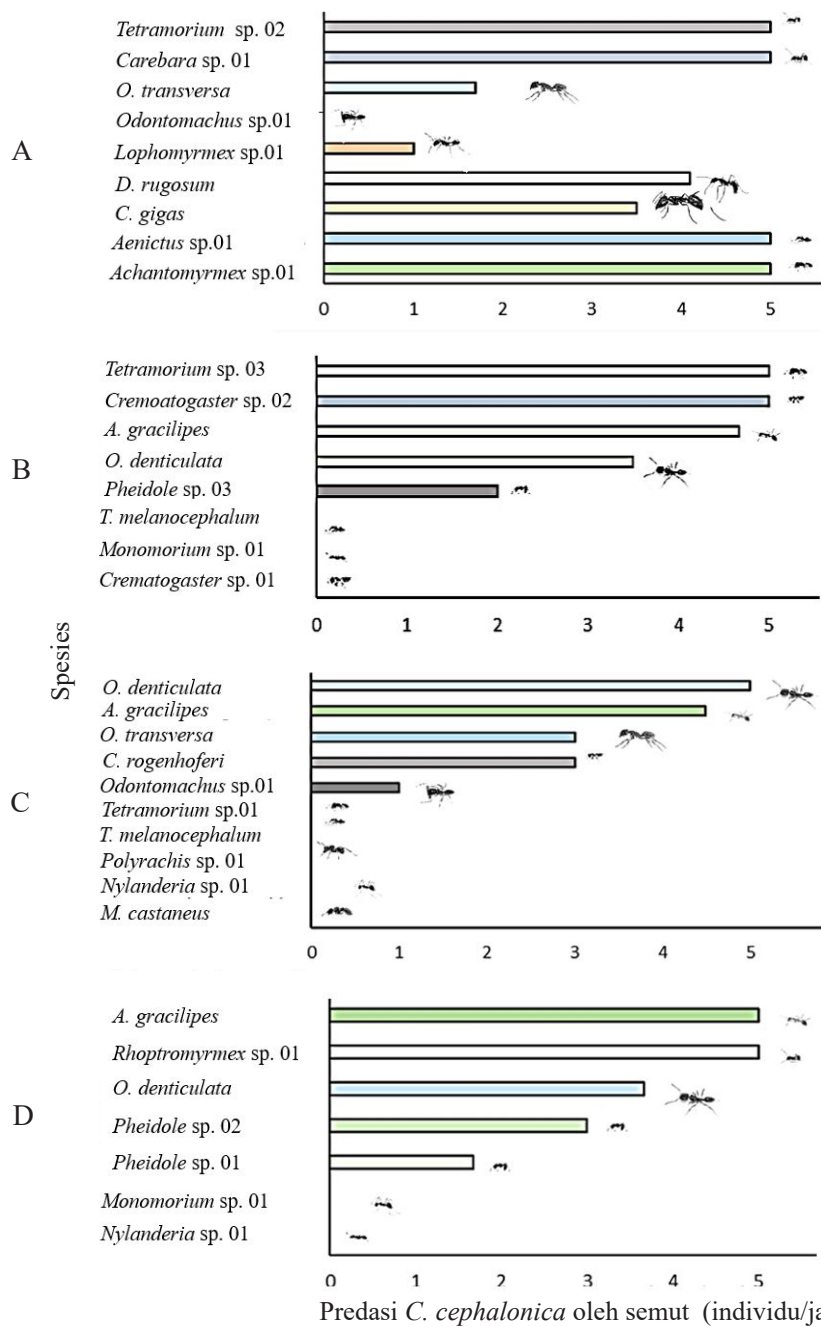
Gambar 1. Jumlah spesies semut pada berbagai tipe penggunaan lahan ($F_{3,12} = 0,619$; $P = 0,618$), yaitu hutan sekunder (HS), hutan karet (HK), perkebunan karet (PK), perkebunan kelapa sawit (PKS).



Gambar 2. Komposisi semut berdasarkan pada indeks kemiripan Bray-Curtis (B) pada berbagai tipe penggunaan lahan, yaitu hutan sekunder (HS), hutan karet (HK), perkebunan karet (PK), perkebunan kelapa sawit (PKS).



Gambar 3. Persentase pengangkutan larva *Corcyra cephalonica* oleh semut pada empat tipe penggunaan lahan.



Gambar 4. Predasi *Corcyra cephalonica* oleh semut pada berbagai tipe penggunaan lahan. A: hutan sekunder; B: perkebunan karet; C: hutan karet; D: Perkebunan kelapa sawit.

Tetramorium sp. 03 dan *Crematogaster* sp. 02. Pada tipe penggunaan lahan perkebunan kelapa sawit semut yang mampu mengangkut lima larva dalam waktu satu jam adalah semut *Anoplolepis gracilipes* (Smith, F.) dan *Rhoptromyrmex* sp. 01.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tipe penggunaan lahan tidak memengaruhi jumlah spesies semut, namun memengaruhi komposisi spesies semut yang ada dalam lahan tersebut. Penelitian Rubiana et al. (2015) yang menggunakan metode sampling langsung dan umpan melaporkan terdapat 104 spesies semut yang ada pada empat tipe penggunaan lahan yang sama dengan penelitian ini di Jambi, sedangkan dalam penelitian ini hanya ditemukan 25 spesies semut. Penelitian ini menunjukkan hasil yang sama, yaitu jumlah spesies semut tidak dipengaruhi oleh tipe penggunaan lahan. Menurut Bestelmeyer & Wiens (2001) terdapat keterkaitan antara jumlah spesies tanaman dan jumlah spesies semut. Namun, pada penelitian ini meskipun tipe penggunaan lahan hutan sekunder memiliki jumlah tanaman yang lebih banyak daripada tipe penggunaan lahan lainnya, namun jumlah spesies semut yang ada di dalamnya tidak berbeda.

Aspek fisik dan biologis lainnya dari lingkungan dapat memengaruhi komposisi spesies semut pada setiap tipe penggunaan lahan. Menurut Uno et al. (2010) kebutuhan lain, seperti ketersediaan makanan dan tempat untuk membuat sarang, suhu tanah, ketersediaan cahaya, dan kondisi tanah dapat memengaruhi jumlah spesies semut. Hilangnya sumber daya yang diperlukan untuk bersarang dapat memengaruhi spesies semut spesialis yang ada pada tipe penggunaan lahan tertentu. Misalnya, terkait semut yang bergantung pada serasah kayu untuk bersarang akan jarang ditemui pada ekosistem yang memiliki sedikit serasah kayu (Vepsalainen et al. 2008). Pada penelitian ini, sering dijumpai semut *Camponotus gigas* (Latreille) pada tipe penggunaan lahan hutan sekunder. Semut ini merupakan jenis semut yang bersarang pada serasah kayu yang banyak tersedia di hutan (Orr et al. 1996). Namun, pada tipe penggunaan lahan hutan karet dan pada tipe penggunaan lahan yang terdapat sedikit serasah

kayu, seperti perkebunan karet dan perkebunan kelapa sawit semut *C. gigas* tidak ditemukan.

Perbedaan lain adalah pada komposisi penyusun komunitas semut yang ada pada tipe penggunaan lahan hutan sekunder dengan tipe penggunaan lahan yang lain. Pada penelitian ini, semut *C. gigas*, *Diacamma rugosum* (Le Guillou), *Odontoponera transversa* (Smith) adalah jenis semut yang mudah ditemui pada hutan sekunder dan jarang ditemukan di tipe penggunaan lahan lainnya. Namun, pada tipe penggunaan lahan hutan karet, perkebunan karet, perkebunan kelapa sawit lebih sering ditemukan semut invasif, yaitu semut *A. gracilipes*. Hal ini diduga karena faktor fisik lingkungan, seperti suhu tanah dan kelembaban yang berbeda pada setiap tipe penggunaan lahan. Menurut Yamaguchi (2004), peningkatan suhu tanah dan penurunan kelembaban tanah akibat perubahan fungsi lahan dapat meningkatkan potensi pembentukan beberapa spesies invasif dan mengurangi kemampuan dari beberapa spesies asli untuk bertahan.

Alih fungsi lahan dari lahan hutan menjadi lahan pertanian baik hutan karet, perkebunan karet, dan perkebunan kelapa sawit dapat mengakibatkan perubahan komposisi semut yang ada di dalamnya. Perubahan lingkungan dapat mengakibatkan semut pindah ke ekosistem baru (Acosta-Avalos et al. 2001), bertahan dengan beradaptasi atau punah (Rubiana et al. 2015). Perubahan yang terjadi akan memaksa spesies semut asli pindah ke ekosistem baru yang cocok atau terjadi kepunahan karena tidak dapat bertahan. Tempat dan peran yang ditinggalkan semut asli diisi oleh semut yang dapat bertahan di lingkungan yang baru. Semut pengganti yang biasanya merupakan semut *tramp*, yaitu spesies semut invasif yang telah stabil pada berbagai ekosistem. Semut *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius), *Monomorium* sp. 01, *Pheidole* sp. 01, dan *A. gracilipes* adalah semut invasif yang biasanya ditemukan pada lahan hutan karet, perkebunan karet, dan perkebunan kelapa sawit (Rubiana et al. 2015). Semut-semut tersebut menggantikan peran spesies semut asli sebelumnya sebagai predator.

Pengamatan layanan ekosistem menunjukkan bahwa terdapat beraneka ragam semut yang dapat menyumbangkan layanan ekosistem dan layanan ekosistem paling banyak diberikan oleh semut terjadi pada tipe penggunaan lahan hutan. Semut

pada tipe penggunaan lahan hutan hampir seluruh semut yang ada di dalamnya mampu mempredasi dan berhasil mengangkut semua mangsa yang diumpankan. Berbeda pada tipe penggunaan lahan lainnya yang ditemukan lebih dari satu spesies semut yang tidak berhasil mengangkut mangsa. Hal ini, diduga karena semut pada tipe penggunaan lahan hutan memiliki respons yang cepat dalam mencari dan menangani mangsanya. Maka, pada tipe penggunaan lahan hutan sering dijumpai kompetisi memperebutkan mangsa antar spesies semut.

Semut *A. gracilipes*, dan *O. denticulata* merupakan spesies semut yang biasanya sering ditemukan pada berbagai perkebunan. Semut tersebut biasanya bermanfaat sebagai predator hama tanaman (Azhar 2015; Suputa et al. 2007). Selain itu, semut seperti *Tetramorium* dan *Crematogaster* juga memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai predator.

Perubahan tipe penggunaan lahan tidak mengubah besar layanan ekosistem yang diberikan semut sebagai predator. Meskipun spesies semut asli hilang akibat perubahan tipe penggunaan lahan, namun perannya akan digantikan oleh spesies semut yang baru. Contohnya adalah peran semut *O. transversa* yang diduga digantikan oleh *O. denticulata* karena perubahan tipe penggunaan lahan hutan sekunder atau hutan karet menjadi perkebunan karet atau kelapa sawit. Demikian pula, peran *O. denticulata* pada perkebunan kelapa sawit dan perkebunan karet perlahan digantikan oleh semut *A. gracilipes*. Semut ini memiliki perilaku yang agresif sebagai semut invasif yang memiliki kemampuan bertarung yang baik dan sering mematikan semut lain (Drescher 2011). Menurut Apriyadi (2014) *A. gracilipes* memiliki kemampuan bertarung yang lebih dibandingkan dengan semut lain dengan cara menggigit dan menyemprotkan asam format pada semut lawannya. Hal tersebut mengakibatkan *A. gracilipes* dapat mendominasi suatu ekosistem dan menggantikan peran semut asli sebagai predator.

KESIMPULAN

Tipe penggunaan lahan tidak memengaruhi jumlah spesies semut, namun berdampak pada komposisi spesies semut. Pada setiap tipe

penggunaan lahan memiliki semut predator tertentu. Pengangkutan larva terbanyak oleh semut terjadi pada hutan sekunder. Semut yang berperan penting dalam layanan ekosistem sebagai predator pada tipe penggunaan lahan hutan sekunder adalah semut *Achantomyrmex* sp. 01, *Aenictus* sp. 01, *Carebara* sp. 01, dan *Tetramorium* sp. 02, sedangkan pada hutan karet adalah *O. denticulata*, sedangkan pada perkebunan karet adalah *Tetramorium* sp. 03 dan *Crematogaster* sp. 02, sedangkan pada perkebunan kelapa sawit adalah semut *A. gracilipes* dan *Rhoptromyrmex* sp. 01.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Kemenristek Dikti atas bantuan dana penelitian, DFG dan Collaborative Research Center (CRC) atas izin tempat yang diberikan untuk penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta-Avalos D, Esquivel DMS, Wajnberg E, de Barros HGP, Oliveira PS, Leal I. 2001. Seasonal patterns in the orientation system of the migratory ant *Pachycondyla marginata*. *Naturwissenschaften* 88:343–346. doi: <https://doi.org/10.1007/s001140100245>.
- Anshary A. 2009. Penggerek buah kakao, *Conopomorpha cramerella* Snellen (Teknik pengendaliannya yang ramah lingkungan). *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian* 16:258–264.
- Anshary A, Pasaru F. 2008. Teknik perbanyak dan aplikasi predator *Dolichoderus Thoracicus* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) untuk pengendalian penggerek buah kakao *Conopomorpha Cramerella* (Snellen) di perkebunan rakyat. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian* 15:278–287.
- Apriyadi R. 2014. *Struktur Populasi Semut Invasif Anoplolepis gracilipes Smith (Hymenoptera: Formicidae) di Kebun Raya Bogor*. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Azhar A. 2015. *Keanekaragaman Serangga Predator pada Berbagai Tingkat Umur Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Kabupaten Sarolangun, Jambi*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Bestelmeyer BT, Agosti D, Alonso LE, Brandao CRF, Brown WL, Delabie, Silvestre R. 2000.

- Field techniques for the study of ground-dwelling ants. Di dalam: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (Eds.) hlm. 122–144. *Ants: Standard Methods For Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Bestelmeyer BT, Wiens JA. 2001. Ant biodiversity in semiarid landscape mosaics: the consequences of grazing vs. Natural heterogeneity. *Journal Ecological Society of America* 11:1123–1140. doi: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1123:ABISLM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1123:ABISLM]2.0.CO;2).
- Bommarco R, Kleijn D, Potts SG. 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Journal Trends in Ecology and Evolution* 28:230–238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of change in community structure. *Australian Journal Ecology* 18:117–143. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>.
- Dobson A, Lodge D, Alder J, Cumming GS, Keymer J, Mcglade J, Mooney H, Rusak JA, Sala O, Wolters V, Wall D, Winfree R, Xenopoulos MA. 2006. Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. *Ecology* 87:1915–1924. doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1915:HLTCAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1915:HLTCAT]2.0.CO;2).
- Drescher J, Feldhaar H, Bulthgen N. 2011. Interspecific aggression and resource monopolization of the invasive ants *Anoplolepis gracilipes* in Malaysian Borneo. *Biotropica* 43:93–99. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00662.x>.
- Drescher J, Rembold K, Allen K, Beckschafer P, Buchori D, Clough Y, Faust H, Fauzi AM, Gunawan D, Hertel D, Irawan B, Jaya INS, Klarner B, Kleinn C, Knohl A, Kotowska MM, Krashevskaya V, Krishna V, Leuschner C, Lorenz W, Mejjide A, Melati D, Nomura M, Pe´rez-Cruzado C, Qaim M, Siregar IZ, Steinebach S, Tjoa A, Tscharrntke T, Wick B, Wiegand K, Kreft H, Scheu S. 2016. Ecological and socio-economic functions across tropical land use systems after rainforest conversion. *Philosophical Transactions B* 371:20150275. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0275>.
- Fragoso C, Brown G, Patron JC, Blanchart E, Lavelle P, Pashanasi B, Senapati B, Kumar T. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworm. *Journal Applied Soil Ecology* 6:17–35. doi: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00154-0).
- Hashimoto Y. 2003. Identification guide to the ant genera of Borneo. Di dalam: Hashimoto Y, Rahman H (Eds.), *Inventory and Collection: Total Protocol for Understanding of Biodiversity*. hlm. 95–137. Kota Kinabalu: Research and Education Component, BBEC Programme (Universiti Malaysia Sabah).
- Holldober B, Wilson EO. 1990. *The Ants*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Orr AG, Charles JK, Yahya HRH, Sharbini NH. 1996. Nesting and colony structure in the giant forest ant, *Camponotus gigas* (Latreille) (Hymenoptera: Formicidae). *The Raffles Bulletin of Zoology* 44:247–251.
- Potts SG, Petanidou T, Roberts S, O’Toole C, Hulbert A, Willmer P. 2006. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Journal Biological Conservation* 129:519–529. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.11.019>.
- Rubiana R, Rizali A, Denmead LH, Alamsari W, Hidayat P, Pudjianto, Hindayana D, Clough Y, Tscharrntke T, Buchori D. 2015. Agricultural land use alters species composition but not species richness of ant communities. *Asian Myrmecology* 7:73–85.
- Suputa, Yamane S, Martono E, Hossain Z, Arminudin AT. 2007. *Odontoponera denticulata* (Hymenoptera: Formicidae): a potential biological control agent for true fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 3:351–356.
- R Core Team. 2018. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Uno S, Cotton J, Philpott SM. 2010. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. *Journal Urban Ecosystem* 13:425–441. doi: <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0136-5>.
- Vepsalainen K, Ikonen H, Koivula MJ. 2008. The structure of ant assemblages in an urban area of Helsinki, Southern Finland. *Journal Annales Zoologici Fennici* 45:109–127. doi: <https://doi.org/10.5735/086.045.0203>.
- Walpole RE. 1993. *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yamaguchi T. 2004. Influence of urbanization on ant distribution in parks of Tokyo and Chiba City, Japan. *Journal Ecological Research* 19:209–216. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00625.x>.