

Respons Kumbang Koprofagus (Coleoptera: Scarabaeidae) terhadap Perubahan Struktur Vegetasi pada Beberapa Tipe Habitat di Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah

Response of Coprophagus Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on changes of vegetation structure in various habitat types at Lore Lindu National Park, Central Sulawesi

SHAHABUDDIN^{1*}, SJAFRIDA MANUWOTO², PURNAMA HIDAYAT², CHRISTIAN H. SCHULZE³, WORO A. NOERDJITO⁴

¹ Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu-Sulawesi Tengah 94118.

² Program Studi Entomologi-Fitopatologi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor 16680

³ Department of Population Ecology, University of Vienna, Austria

⁴ Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi, LIPI Cibinong-Bogor16911.

Diterima: 20 April 2006. Disetujui: 11 Oktober 2006.

ABSTRACT

This study analysed the response of dung beetles – a group of beetles which play a major role in decomposition of dung and animal carcasses – to changes of vegetation structure due to forest conversion to different human-made habitat types at the margin of Lore Lindu National Park. Therefore, dung beetles were sampled at natural forest, cacao agroforestry systems and open area. A total of 28 species of coprophagus beetle species were recorded from the sampled sites. Species richness and abundance of dung beetles, particularly of large species, decreased from forest towards agroforestry systems and open areas. However, more than 80 % of the species recorded in natural forest were found in cacao agroforestry systems. Of the measured habitat parameters, particularly the number of tree species, air temperature, and canopy cover had a significant power for explaining changes in dung beetle ensembles along the gradient of land-use intensity.

© 2007 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: Coprophagus beetles, forest conversion, vegetation structure, cacao agroforestry.

PENDAHULUAN

Konversi ekosistem alami dalam skala global merupakan penyebab utama hilangnya keanekaragaman hayati dan merupakan ancaman terhadap fungsi ekosistem dan penggunaan lahan secara berkelanjutan (Hoekstra *et al.*, 2005). Hutan hujan tropis merupakan salah satu ekosistem terrestrial dengan keragaman hayati yang sangat tinggi dan memiliki fungsi yang sangat penting (Myers *et al.*, 2000). Meskipun demikian laju penebangan hutan cenderung semakin meningkat, tidak terkecuali di Indonesia yang sudah mencapai rata-rata 1.871 juta hektar/tahun (FAO, 2005).

Dengan laju kehilangan hutan hujan tropis sedemikian tinggi maka upaya untuk menciptakan pola penggunaan lahan yang berkelanjutan menjadi semakin penting. Sistem agroforestri dan sistem pertanian yang beragam yakni yang mempertahankan sebanyak mungkin vegetasi alami dilaporkan cukup efektif dalam upaya konservasi keragaman hayati (Rice dan Greenberg, 2000; Schroth *et*

al., 2004). Meskipun demikian sejauh mana pengaruh alih guna hutan menjadi sistem agroforestri terhadap kehilangan keragaman hayati belum dipahami secara detail (Perfecto *et al.* 1997; Schulze *et al.* 2004) khususnya pada hewan-hewan artropoda yang memperlihatkan respons yang beragam terhadap kerusakan habitat yang diakibatkan oleh manusia (Lawton, *et al.* 1998, Schulze *et al.*, 2004; Grill *et al.*, 2005; Bos *et al.*, *in press*).

Kumbang koprofagus merupakan salah satu kelompok yang banyak digunakan sebagai bioindikator tingkat kerusakan hutan tropis dan habitat pada umumnya karena struktur komunitas dan distribusi kumbang koprofagus sangat dipengaruhi oleh tingkat penutupan vegetasi dan struktur fisik hutan (Davis dan Sutton, 1989; Davis *et al.* 2001) serta kondisi iklim mikro pada suatu habitat (Errouissi *et al.* 2004). Kumbang koprofagus tersebar luas pada berbagai ekosistem (*ubiquitous*), spesiesnya beragam, mudah dicuplik dan memiliki peran yang penting secara ekologis. Kumbang koprofagus berperan dalam penguraian kotoran hewan sehingga terlibat dalam siklus hara, penyebaran biji-biji tumbuhan dalam kotoran, dan pengendalian parasit vertebrata (dengan menghilangkan sumber infeksi) dan oleh karena itu merupakan komponen yang penting dalam ekosistem hutan tropis (Klein 1989; Estrada *et al.*, 1998; Davis *et al.*, 2001; Andresen, 2002).

▼ Alamat Korespondensi:

Perumahan Dosen UNTAD, Blok C9/12
Palu-Sulawesi Tengah, 94118
Mobile Phone : 085217471995
email : shahabuddin_slh@yahoo.com

Aspek taksonomi, perilaku, dan ekologi kumbang koprofagus di Asia Tenggara telah banyak dikaji (Hanski dan Krikken 1991), sehingga dapat menjadi bahan informasi dan pembandingan terhadap studi ini. Shahabuddin *et al.*, (2005a) telah mereview perkembangan dan permasalahan studi kumbang koprofagus dan serangga pada umumnya di Indonesia. Kerusakan habitat akibat penebangan hutan dan fragmentasi habitat dilaporkan menyebabkan penurunan keanekaragaman spesies kumbang koprofagus (Klein, 1989) dan spesies yang berukuran besar lebih peka terhadap kerusakan hutan (Jankielsohn *et al.*, 2001). Studi menggunakan serangga lainnya sebagai indikator kerusakan habitat lebih menekankan pada sistem agroforestri dan masih sedikit yang membandingkannya dengan hutan alami sehingga tidak memberikan informasi yang bersifat komparatif untuk mengevaluasi fungsi relatif agroforestri dalam mempertahankan keragaman hayati hutan hujan tropis (Perfecto *et al.*, 1997; Klein *et al.*, 2002). Pada studi ini dikaji dampak perubahan struktur vegetasi akibat konversi hutan menjadi sistem agroforestri dan daerah terbuka terhadap keragaman dan struktur komunitas kumbang koprofagus.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di sekitar desa Toro, Kecamatan Kulawi, Kabupaten Donggala. Daerah ini termasuk dalam kawasan Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) dengan jarak sekitar 100 km dari kota Palu dan terletak pada ketinggian 810 – 1080 m d.p.l. Sampel dicuplik pada 6 tipe habitat yang meliputi 2 jenis hutan alami (habitat A dan C), 3 sistem agroforestri kakao (habitat D,E,F) dan 1 daerah terbuka (habitat G) (Tabel 1).

Pencuplikan kumbang koprofagus

Pada setiap tipe habitat ditentukan 4 tempat pengambilan sampel sehingga secara keseluruhan ada 24 lokasi pengambilan sampel. Kumbang koprofagus dikoleksi pada petak pengambilan sampel dengan luas rata-rata 1500 m² di setiap lokasi penelitian menggunakan perangkap jebak yang diberi umpan kotoran sapi (*Bos taurus*) dan anoa (*Bubalus depressicornis*) dengan mengacu pada Jankielsohn *et al.*, (2001) dan Shahabuddin *et. al* (2005b). Perangkap yang digunakan adalah gelas plastik (tinggi 15 cm dan lebar 10 cm) dan pada pertengahan mulut perangkap digantung kotoran hewan segar (rata-rata seberat 20 gr) yang telah dibungkus dengan kain. Perangkap dibenamkan ke dalam tanah sampai mulut gelas rata dengan permukaan tanah. Untuk mengawetkan kumbang yang terperangkap gelas plastik diisi larutan garam 20 % yang dicampur dengan sedikit detergen sebanyak 1/3 volume. Diatas setiap perangkap jebak dipasang seng pelindung guna menghindari masuknya air hujan dan kotoran ke dalam perangkap

Pada setiap petak dibuat 2 garis transek sepanjang 40 m. Sebanyak 5 buah perangkap dipasang di setiap transek dengan meletakkan perangkap yang menggunakan umpan kotoran sapi dan kotoran anoa secara berselang-seling (n=10 perangkap per lokasi). Jarak antara transek dan antara perangkap sekitar 10 meter. Perangkap dibiarkan selama dua hari di setiap plot kemudian kumbang yang terperangkap didalamnya dikoleksi dan diawetkan dalam larutan Scheerpelz. Pengambilan sampel dilakukan sekali per bulan dari bulan Maret sampai Agustus 2005.

Tabel 1. Deskripsi tipe habitat pada lokasi penelitian

Tipe Habitat	Deskripsi habitat
A	Hutan alami dengan pengambilan rotan secara tradisional, belum ada pengambilan kayu dan tingkat penutupan tajuk masih tinggi. Hutan ditumbuhi pohon-pohon yang besar dengan tinggi 25 m - 50 m.
C	Hutan alami dengan pemanfaatan selektif. Penebangan dibatasi pada pohon yang berukuran besar dan rotan sehingga banyak ditemukan tumbuhan Liana.
D	Sistem agroforestri, didominasi oleh pohon kakao dengan menggunakan pohon hutan sebagai pelindung.
E	Sistem agroforestri, didominasi oleh pohon kakao (umur 3 – 6 tahun), dinaungi berbagai jenis tanaman pelindung seperti Gamal, Dadap, Rambutan dan Arenga sp. dan <i>Erythrina</i> .
F	Sistem agroforestri, didominasi oleh pohon kakao (umur 3-5 tahun), dinaungi dengan satu atau dua jenis tanaman pelindung yang didominasi oleh <i>Erythrina</i> dan <i>Gliciridia</i>
G	Daerah terbuka, merupakan bekas hutan yang tidak digunakan menjadi sistem agroforestri dan dibiarkan ditumbuhi oleh rerumputan atau semak.

Identifikasi dan pengelompokan kumbang

Identifikasi spesimen dilakukan bekerjasama dengan Boris Büche, Ahli Coleoptera dari Goettingen University (Germany). Kunci identifikasi yang digunakan adalah : Balthasar (1963). Koleksi kumbang koprofagus pada Museum Zoology Bogor juga digunakan dalam melakukan identifikasi spesimen. Spesies yang tidak dapat diidentifikasi ditentukan secara "morfospesies".

Spesies yang telah diidentifikasi selanjutnya dikelompokkan berdasarkan ukuran tubuhnya ke dalam dua kelompok yaitu spesies berukuran besar (B) dengan panjang tubuh > 10 mm dan spesies berukuran kecil (K) dengan panjang tubuh ≤ 10 mm (lihat Hanski dan Cambefort, 1991).

Pengukuran parameter habitat

Seluruh parameter habitat kecuali pada tipe habitat C dan daerah terbuka disarikan dari hasil penelitian Ramadhani (2006) dan Bos *et al.* (*in press*). 1) Tingkat penutupan tajuk pohon diukur dengan menggunakan densiometer pada 8 titik pengamatan disetiap plot penelitian, 2). Penutupan herba (*aerial coverage*) diukur dari empat plot 1x1m². 3) Jumlah pohon (dbh ≥ 10 cm) dan kekayaan spesies pohon diamati pada tiga plot 10x10m², 4) kekayaan spesies herba diamati dari empat plot 2x2 m². (5) Suhu dan kelembaban relatif udara diukur pada pagi hari (08.00-10.00) setiap 15 menit selama tiga hari perbulan dengan menggunakan *digital data-loggers* kecuali pada habitat C dan daerah terbuka yang diukur dengan *thermohyrometer*

Analisis Data

Analisis keanekaragaman spesies mencakup keanekaragaman alfa (keragaman dalam suatu habitat) dan keanekaragaman beta (keragaman antar habitat) (Magurran 1988). Analisis keanekaragaman alfa dilakukan berdasarkan kekayaan spesies kumbang koprofagus yang dikoleksi dari setiap habitat. Berdasarkan nilai pengamatan

dilakukan estimasi kekayaan spesies di setiap habitat dengan metode first order Jackknife (Jack-1) (Colwell dan Codrington, 1994) dengan menggunakan EstimateS v. 7.00. (Colwell, 2004). Perbedaan diantara peubah yang diamati pada setiap tipe habitat dianalisis dengan uji non parametrik Kruskal Wallis (KW) (Zar 1999). Untuk membandingkan komposisi spesies kumbang tinja pada setiap tipe habitat dilakukan analisis kelompok berdasarkan koefisien kesamaan Bray-Curtis menggunakan data hasil transformasi Log (X+1) (Krebs 1999). Karena hampir semua habitat parameter yang diukur saling terkait, analisis faktor dilakukan untuk melihat hubungan antara parameter habitat dengan kekayaan spesies kumbang koprofagus. Analisis faktor mengelompokkan semua peubah yang dianalisis berdasarkan tingkat korelasinya dan menghasilkan sekelompok faktor baru yang dapat menjelaskan hubungan diantara peubah-peubah asli. Setiap faktor yang dihasilkan merupakan kombinasi linear diantara peubah asli dan tidak terkait dengan faktor lainnya. Koefisien kombinasi linear dari peubah-peubah asli disebut faktor loading atau skor (Johnson dan Wichern, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

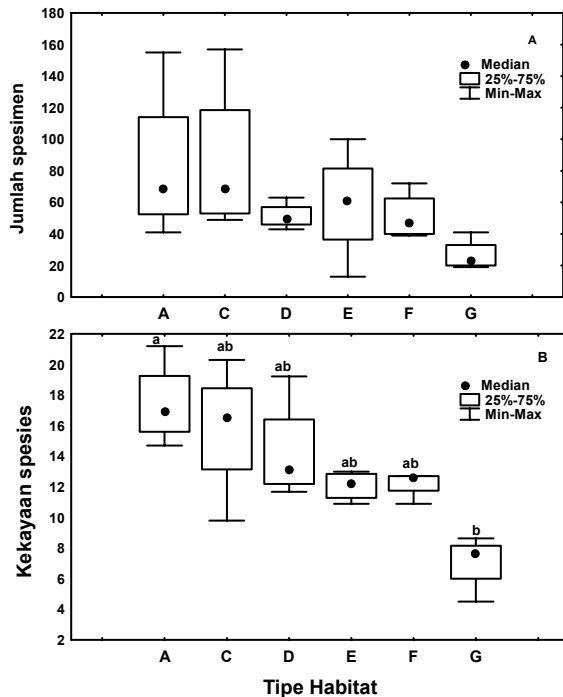
Kelimpahan dan kekayaan spesies kumbang koprofagus

Sebanyak 1429 individu kumbang koprofagus yang termasuk dalam 28 spesies dan 5 genus dikoleksi dari lokasi penelitian. Sebanyak 8 spesies yang predominan: (*O. ribbei*, *O. holosericeus*, *O. fuscotriatus*, *O. cf. wallacei*, *O. scrutator*, *O. limbatus*, *O. sp.2*, dan *Copris saundersi*) menyusun lebih dari 83 % dari total spesimen yang dikoleksi dengan rata-rata lebih dari 10 individu per tipe habitat. Meskipun demikian kelimpahan spesies-spesies tersebut bervariasi pada setiap habitat (Tabel 2).

Jumlah spesimen yang tertinggi dikoleksi dari hutan alami (habitat A dan C) dan terendah pada padang rumput (habitat G), sedangkan agroforestri kakao (habitat D,E, dan F) berada diantara kedua tipe habitat tersebut. Jumlah spesimen pada setiap tipe habitat tidak berbeda nyata (Uji Kruskal Wallis ($KW_{(5,24)} = 9.63, p > 0.05$) (Gambar 1A).

Tabel 2. Jumlah individu per spesies pada tiap tipe habitat. Total jumlah individu dan jumlah spesies pada habitat yang berbeda juga dicantumkan. Spesies disusun berdasarkan kelimpahan relatif (Kr) setiap spesies.

Spesies	Habitat						Total	Rata-rata	Kr
	A	C	D	E	F	G			
<i>Onthophagus ribbei</i> BOUCOMONT, 1914	160	162	41	9	8	0	380	63.3	26.6
<i>Onthophagus holosericeus</i> HAROLD, 1877	13	27	48	71	50	2	211	35.2	14.8
<i>Onthophagus fuscotriatus</i> . BOUCOMONT, 1914	48	53	30	1	10	0	142	23.7	9.9
<i>Onthophagus cf.wallacei</i> HAROLD, 1871	18	17	7	41	33	1	117	19.5	8.2
<i>Onthophagus scrutator</i> HAROLD, 1877	4	9	24	17	46	7	107	17.8	7.5
<i>Onthophagus limbatus</i> (HERBST, 1789)	0	1	7	6	12	68	94	15.7	6.6
<i>Onthophagus sp.2</i>	3	4	2	49	14	0	72	12.0	5.0
<i>Copris saundersi</i> HAROLD, 1869	22	29	9	4	2	0	66	11.0	4.6
<i>Onthophagus mentaveiensis</i> BOUCOMONT, 1914	25	8	3	1	1	0	38	6.3	2.7
<i>Onthophagus forsteni</i> LANSBERGE, 1885	4	3	3	14	10	2	36	6.0	2.5
<i>Onthophagus aureopilosus</i> BOUCOMONT, 1914	15	11	0	0	0	0	26	4.3	1.8
<i>Onthophagus sp.6</i>	2	1	16	1	0	0	20	3.3	1.4
<i>Aphodius sp.1</i>	0	0	0	0	0	16	16	2.7	1.1
<i>Paragymnopleurus planus</i> (SHARP, 1875)	2	6	7	1	0	0	16	2.7	1.1
<i>Onthophagus fulvus</i> SHARP, 1875	0	0	0	2	9	2	13	2.2	0.9
<i>Onthophagus sp.7</i>	0	0	9	4	0	0	13	2.2	0.9
<i>Onthophagus rudis</i> SHARP, 1875	0	2	1	3	6	0	12	2.0	0.8
<i>Copris macacus</i> LANSBERGE, 1886	6	2	0	2	0	0	10	1.7	0.7
<i>Phaeochrous emarginatus</i> Laporte, 1840	4	2	0	2	0	0	8	1.3	0.6
<i>Onthophagus sp.5</i>	2	3	0	3	0	0	8	1.3	0.6
<i>Aphodius sp.3</i>	0	0	0	0	0	6	6	1.0	0.4
<i>Aphodius sp.4</i>	0	1	0	4	0	0	5	0.8	0.3
<i>Onthophagus sp.1</i>	4	0	1	0	0	0	5	0.8	0.3
<i>Aphodius sp.2</i>	0	0	0	0	0	2	2	0.3	0.1
<i>Onthophagus sp.3</i>	0	0	1	0	1	0	2	0.3	0.1
<i>Onthophagus sp.4</i>	0	1	1	0	0	0	2	0.3	0.1
<i>Aphodius sp.5</i>	0	0	0	0	1	0	1	0.2	0.1
<i>Onthophagus sp.8</i>	1	0	0	0	0	0	1	0.2	0.1
Total jumlah individu	333	342	210	235	203	106	1429		
Total jumlah spesies	17	19	17	19	14	9	28		



Gambar 1. Kelimpahan (A) dan kekayaan spesies kumbang koprofagus (B) pada setiap tipe habitat. Huruf yang berbeda diatas batang menunjukkan perbedaan yang nyata antara habitat (Uji lanjut KW pada $\alpha=0.05$)

Jumlah spesies kumbang koprofagus pada setiap tipe habitat yang diestimasi dengan Jack1 estimator berbeda nyata (KW-H_(5,24) = 15.14, $p < 0.01$). Kekayaan spesies kumbang koprofagus mengalami penurunan berturut-turut dari hutan alami, agroforestri kakao, dan daerah terbuka (Gambar 1B).

Parameter habitat dan komposisi spesies kumbang

Seluruh parameter habitat yang dianalisis berhubungan secara nyata dengan tipe habitat (Tabel 3). Beberapa parameter menurun secara signifikan dari hutan alami ke area terbuka tetapi parameter lainnya menunjukkan pola sebaliknya.

Hasil analisis faktorial menunjukkan ada dua faktor loading yang dapat menjelaskan sebesar 85.42 % dari total variasi data parameter habitat (KMO = 0.62, Bartlett Test = 163.8, $p < 0.001$). Faktor 1 dan faktor 2 tersebut masing-masing menjelaskan 68.4 % dan 16.9 % dari total variasi data habitat parameter. Faktor 1 mengindikasikan pentingnya pengaruh struktur vegetasi (jumlah spesies pohon, jumlah pohon, dan penutupan tajuk) serta iklim mikro (suhu dan kelembaban udara) terhadap komposisi

spesies kumbang koprofagus sedangkan faktor 2 hanya mengindikasikan pentingnya jumlah spesies herba dalam menentukan komposisi spesies kumbang koprofagus. Namun demikian hanya faktor 1 yang terkait erat dengan kekayaan spesies kumbang koprofagus ($r = 0.80$, $p < 0.001$). Kemiripan komposisi kumbang koprofagus pada habitat hutan dan agroforestri kakao diduga terjadi karena adanya kemiripan kondisi habitat diantara tipe-tipe habitat tersebut (lihat Tabel 3).

Keberadaan berbagai jenis tanaman pelindung dengan berbagai tingkat naungannya pada sistem agroforestri kakao dapat menciptakan iklim mikro (khususnya suhu dan kelembaban) yang agak mirip dengan di dalam hutan yang sesuai dengan kebutuhan atau aktifitas kumbang koprofagus (Estrada *et al.*, 1998). Kombinasi suhu yang lebih rendah dan kelembaban udara yang lebih tinggi di dalam hutan dan agroforestri kakao karena tingkat penutupan vegetasi yang jauh lebih rapat dibandingkan dengan di daerah terbuka dapat menyebabkan kualitas kotoran hewan (sebagai sumber makanan utama) pada habitat ini lebih baik. Suhu yang tinggi dan kelembaban yang rendah menyebabkan kotoran hewan lebih cepat kering dan menjadi kurang menarik bagi kumbang koprofagus. Menurut Barbero *et al.* (1999) dan Errouissi *et al.* (2004), kondisi iklim mikro terutama suhu dan kelembaban udara merupakan faktor yang sangat menentukan komposisi spesies kumbang koprofagus karena selain mempengaruhi aktifitas kumbang, kedua faktor tersebut mempengaruhi kualitas kotoran yang tersedia pada suatu habitat.

Adanya kemiripan kondisi habitat pada hutan alami dan sistem agroforestri ini yang juga menyebabkan tingginya kemiripan komunitas kumbang koprofagus pada hutan alami dengan agroforestri kakao dibandingkan dengan di daerah terbuka (Gambar 2). Dari 19 spesies yang ditemukan di hutan alami, sebanyak 84 % (16 spesies) diantaranya juga ditemukan di agroforestri kakao dan hanya 21 % (4 spesies) yang dikoleksi dari daerah terbuka.

Tingginya kemiripan komunitas kumbang koprofagus antara hutan alami dan sistem agroforestri kakao menunjukkan potensi agroforestri kakao untuk mempertahankan keragaman kumbang koprofagus.

Studi ini juga menunjukkan kemampuan hutan dengan pemanfaatan selektif dalam mempertahankan keragaman kumbang koprofagus. Kemampuan agroforestri kakao untuk mempertahankan sebagian besar spesies serangga hutan di Taman Nasional Lore Lindu juga dilaporkan oleh Schulze *et al.* (2004), Shahabuddin *et al.* (2005b) dan Bos *et al.*, (*in press*) yang masing-masing melaporkan bahwa sistem agroforestri kakao masih bisa mendukung sekitar 50 % spesies kupu-kupu, dan 75 % spesies kumbang koprofagus dan spesies semut dari keseluruhan spesies yang ditemukan di hutan alami.

Tabel 3. Beberapa parameter habitat pada setiap tipe habitat

Parameter habitat	Tipe habitat						KW
	A	C	D	E	F	G	
Penutupan tajuk pohon (%)	96.4± 0.9	91.1± 4.1	71.8± 8.7	60.5± 11.5	60± 13.5	0.0± 0.0	20.73**
Jumlah spesies pohon	56.5±6.4	48.3±4.0	20.8±7.8	19.0±7.5	6.5±3.5	0.0±0.0	21.61**
Jumlah pohon	139.5±22.5	128.8±9.9	78.8±20.8	70.0±22.1	81.0±54.0	0.0±0.0	21.28*
Jumlah spesies herba	12.8±5.9	16.5±4.0	33.31±0.2	32.5±5.1	33.8±2.4	2.8±1.0	18.37*
Penutupan herba (%)	20.6± 12.3	32.4± 4.8	54.1±32.5	90.8± 11.3	53.4± 35.0	97.5±2.9	16.18*
Kelembaban udara (%)	95.7± 2.7	90.9± 1.2	84.9± 7.2	88± 4.3	84.5± 1.9	78.7±3.4	16.34*
Temperatur (°c)	19.7± 0.6	20± 0.6	23.5± 2.5	22.5± 0.8	23.3± 0.7	25± 1.5	17.8**

Tabel 4. Kofisien korelasi antara faktor loading dengan beberapa parameter habitat

Parameter habitat	Faktor loading	
	Faktor 1	Faktor 2
Jumlah spesies pohon	0.92	-0.18
Jumlah pohon	0.88	0.19
Jumlah spesies herba	-0.02	0.99
Penutupan tajuk (%)	0.91	0.30
Penutupan tumbuhan herba (%)	-0.82	-0.01
Temperatur (°c)	-0.92	0.18
Kelembaban udara (%)	0.91	-0.07
% varians yang dijelaskan	68.42	16.99

Keterangan: Faktor loading adalah hasil analisis faktor dengan metode *Principal Components* dan *Varimax rotated*.

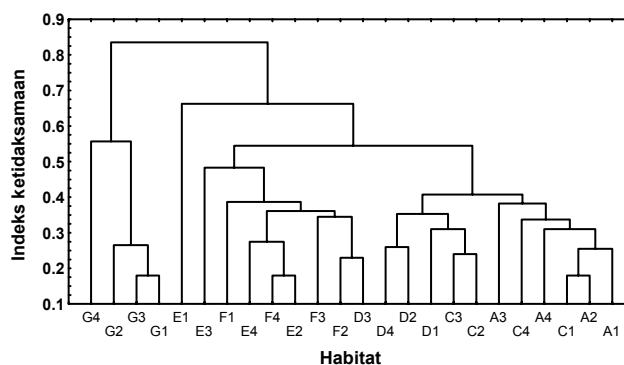
Secara umum hasil yang diperoleh sejalan dengan studi di wilayah tropis lainnya. Sistem pemanfaatan hutan secara selektif (Davis, 2000) dan sistem agroforestri (Arellano *et al.*, 2005; Pineda *et al.* 2005; Harvey *et al.*, 2006) mampu mengurangi laju kehilangan spesies kumbang koprofagus dan taksa lainnya akibat alih guna hutan dibandingkan dengan sistem pertanian monokultur atau daerah terbuka.

Variasi respons kumbang koprofagus

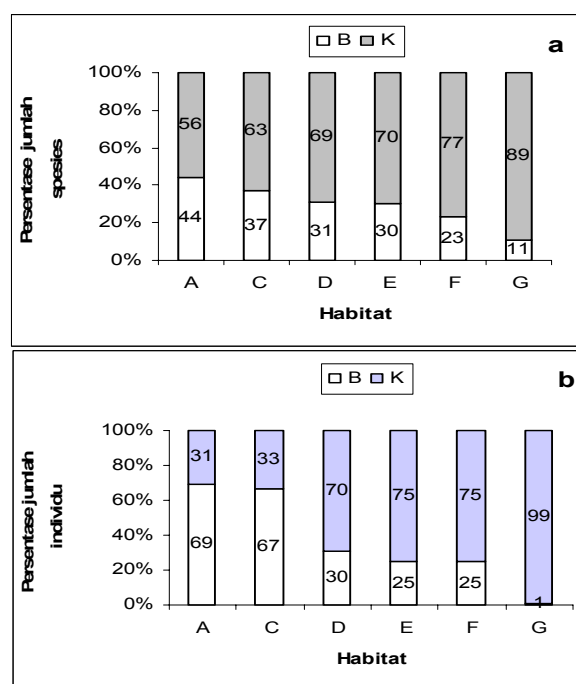
Meskipun jumlah spesies dan kelimpahan kumbang koprofagus pada hutan alami dan ketiga sistem agroforestri kakao tidak berbeda nyata (Gambar 2) jika dianalisis berdasarkan ukuran tubuhnya, terjadi penurunan persentase jumlah spesies (Gambar 3a) dan kelimpahan (Gambar 3b) kumbang koprofagus yang berukuran besar (> 10 mm) berturut-turut dari hutan alami, agroforestri kakao, dan area terbuka. Proporsi jumlah spesies dan jumlah individu kumbang koprofagus yang berukuran besar berbeda secara nyata pada setiap tipe habitat (kekayaan spesies: $KW_{(5,24)} = 17.37, p < 0.01$; jumlah individu: $KW_{(5,24)} = 19.16, p < 0.01$).

Berkurangnya jumlah spesies dan kelimpahan kumbang koprofagus seiring dengan penurunan penutupan tajuk dan keragaman vegetasi menunjukkan bahwa spesies-spesies tersebut lebih rentan terhadap kerusakan habitat dibandingkan dengan yang berukuran kecil. Hubungan antara ukuran tubuh dengan kerentanan terhadap kerusakan habitat sejauh ini belum jelas (Davies *et al.*, 2000; Shahabuddin *et al.*, 2005b), tetapi spesies yang berukuran besar umumnya lebih rentan karena mereka bereproduksi lebih lambat dan membutuhkan sumber daya dan energi yang lebih banyak (Tschartnke *et al.*, 2002). Hal ini dapat juga berlaku bagi kumbang koprofagus karena spesies yang berukuran besar membutuhkan kotoran yang lebih banyak untuk kebutuhan makan dan reproduksinya (Erroussi *et al.* 2004).

Dari aspek konservasi, berkurangnya proporsi spesies kumbang koprofagus yang berukuran besar mengikuti penurunan keragaman vegetasi tumbuhan dari hutan alami ke daerah terbuka perlu menjadi perhatian karena mereka memiliki kontribusi yang lebih besar dalam menguraikan kotoran hewan (Jankielsohn *et al.*, 2001) dan menyebarkan biji tumbuhan yang terdapat dalam kotoran (Andresen, 2002) dibandingkan dengan spesies yang berukuran kecil.



Gambar 2. Dendrogram kemiripan komunitas kumbang koprofagus pada berbagai tipe habitat berdasarkan indeks jarak Bray-Curtis dengan menggunakan metode Unweighted Pairgroup Method (UPGMA)



Gambar 3. Persentase jumlah spesies (a) dan jumlah individu (b) kumbang koprofagus berukuran besar pada setiap habitat. B = kumbang berukuran besar. K= kumbang berukuran kecil

KESIMPULAN

Perubahan struktur vegetasi pada beberapa tipe habitat di pinggiran Taman Nasional Lore Lindu menyebabkan perubahan komposisi spesies kumbang koprofagus. Kekayaan spesies dan kelimpahan kumbang koprofagus terutama dari kelompok yang berukuran besar mengalami penurunan dari hutan alami ke daerah terbuka. Sistem agroforestri kakao mampu mempertahankan lebih dari 80 % dari keseluruhan spesies kumbang koprofagus yang menghuni hutan alami. Komposisi spesies kumbang koprofagus terkait erat dengan struktur vegetasi dan iklim mikro pada setiap tipe habitat terutama dengan jumlah spesies pohon, tingkat penutupan vegetasi dan temperatur udara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari disertasi penulis pertama yang termasuk dalam Proyek STORMA (Stability of Rainforest Margin), program penelitian terpadu yang dibiayai oleh Dewan Penelitian Jerman. Terima kasih kepada Boris Buche yang telah membantu dalam identifikasi sampel kumbang koprofagus dan kepada Ramadhanil Pitopang yang menyediakan data vegetasi di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Andresen, E. 2002. Dung beetles in a Central Amazonian rainforest and their ecological role as secondary seed dispersers. *Ecol. Entomol.* 27: 257-270.
- Arellano L, Favila ME, Huerta C. 2005. Diversity of dung and carrion beetles in a disturbed Mexican tropical montane cloud forest and on shade coffee plantations. *Biodiversity and Conservation* 14 (3) : 601- 615.
- Balthasar, V. 1963. *Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der palaearktischen und orientalischen Region. Band 1.*, Verlag der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Prag.
- Barbero E, C Palestirini, A Rolando. 1999. Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea). *J. Insect Conserv.* 3: 75-84
- Bos, M., P. Höhn, S. Shahabuddin, D. Buchori, I. Steffan-Dewenter, and Tschamtkke. T. Insect responses to forest conversion and management of tropical agroforestry systems. In: Tschamtkke T, Leuschner C, Guhardja E, Zeller M (eds). *The Stability of Tropical Rainforest Margins: linking Ecological, Economic and Social Constraints of Land Use and Conservation*. Springer, Berlin Heidelberg New York (in press).
- Colwell R.K. and J.A. Coddington 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 345: 101–118.
- Colwell, R.K. 2004. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7. User's Guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>
- Davies K.F., C.R. Margules., and J.F. Lawrence. 2000. Which traits of species predict population declines in experimental forest fragments? *Ecology* 81: 1450–1461
- Davis A.J., J.D. Holloway, H. Huijbregts, J. Krikken, and S.L., Sutton. 2001. Dung beetles as indicators of change in the forests of Northern Borneo. *Journal of Applied Ecology* 38:593-616
- Davis A.J., and S.L. Sutton. 1989. The effects of rainforest canopy loss on arboreal dung beetles in Borneo: implications for the measurement of biodiversity in derived tropical ecosystems. *Diversity and Distributions* 4:167-173
- Davis AJ. 2000. Does reduced-impact logging help preserve biodiversity in tropical rainforest? A case study from bornea using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as indicators. *Environmental Entomology* 29 (3): 467-475
- Errouissi F.S., P.J. Haloti, A.J. Robert, Idrissi, and J.P. Lumaret. 2004. Effects of the Attractiveness for Dung Beetles of Dung Pat Origin and Size Along a Climatic Gradient. *Environ. Entomol.* 33(1): 45-53.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada, A.A. Dadda, and P. Camarano 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* (1998) 14:577–593
- Hanski I and J.Krikken 1991. Dung beetles in tropical forests in South-East Asia. In: Hanski I, Cambefort Y, editor. *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, pp. 179- 197
- Hanski I. and Y. Cambefort. (eds) 1991. *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- Harvey, C.A., J. Gonzalez, and E. Somarrriba. 2006. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 15: 555–585
- Hoekstra, J.M., T.M. Boucher, T.H. Ricketts, and C. Roberts. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8:23-29
- Jankielsohn, A., C.H. Scholtz, and S.V.D.M. Louw. 2001. Effect of habitat transformation on dung beetle assemblages: A comparison between a south african nature reserve and neighboring farms. *Env. Entomol.* 30 (3) :474-483
- Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 1982. *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Klein A-M, Buchori D, I. Steffan Dewenter and T. Tschamtkke. 2002. Effect of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16: 1003-1014
- Klein B.C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70:1715-1725
- Krebs C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd edition. Addison-Welsey Publishers, Inc. California
- Lawton, J.H., D.E. Bignell, B. Bolton, G.F. Bloemers, P. Eggleton, P.M. Hammond, M. Hodda, R.D. Holt, T.B. Larsen, N.A. Mawdsley, N.E. Stork, D.S. Shrivastava, and A.D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical rain forest. *Nature* 391: 72-76.
- Magurran A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. London: Croom Helm Limited. London.
- Myers N, R.A. Mittelmeier, C.G. Mittelmeier, G.A.B. da Fonseca, J. Kent, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 493:853-858
- Perfecto I, Vandermer J, Hanson P, Cartin V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiv. Conserv.* 6: 935-945.
- Pineda, E., C. Moreno, T.F. Escobar, and G. Halffter. 2005. Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 2(19): 400-410.
- Ramadhanil. 2006. *Structure And Composition Of Vegetation In Six Land Use Types In The Lore Lindu National Park, Central Sulawesi, Indonesia*. [Dissertation]. Biology Department. Graduate School of Bogor Agricultural University. Bogor.
- Rice R.A., and Greenberg R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29, 167-173.
- Schroth, G., da Fonseca G.A.B., Harvey C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L., and Izac A-MN, 2004. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*, Washington DC: Island Press
- Schulze, C.H., M. Waltert, P.J.A. Kessler, R. Pitopang, Shahabuddin, D. Veddeler, I. Steffan-Dewenter, M. Mühlberg, S.R. Gradstein, T. Tschamtkke. 2004. Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: comparing plants, birds, and insects. *Ecological application* 14 (5) : 1321-1333
- Shahabuddin, P. Hidayat, W.A. Noerdjito, dan S. Manuwoto. 2005a. REVIEW: Penelitian Biodiversitas Serangga di Indonesia: Kumbang koprofagus (Coleoptera: Scarabaeidae) dan Perannya dalam Ekosistem. *Biodiversitas* 6 (2): 141-146
- Shahabuddin, C.H. Schulze, and T. Tschamtkke. 2005b. Changes of dung beetle communities from rainforests towards agroforestry systems and annual cultures. *Biodiversity and Conservation* 14: 863–877
- Tschamtkke, T., I.S. Dewenter, A. Kruess, and C. Thies. 2002. Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. *Ecological Research* 17 : 229–239
- Zar J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA.