

**DAMPAK ALIH GUNA HUTAN MENJADI LAHAN  
PERTANIAN TERHADAP KEANEKARAGAMAN  
KUMBANG TINJA (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)  
DI SEKITAR TAMAN NASIONAL LORE LINDU**

*Oleh  
Shahabuddin \*)*

**ABSTRACT**

A study was conducted to evaluate the effect of forest conversion to agriculture land on diversity of dung beetles which play a major role in decomposition of animal dung and carcasses. Sample was collected from Lore Lindu national Park at different land use type i.e. primary forest, secondary forest, cacao plantation and maize field. I recorded 18 species of dung beetles from all study sites. The result showed that there was a reduction of dung beetles diversity due to forest conversion. The species number of dung beetles at primary forest was two times higher than those in secondary forest and was three times higher compared to those in cacao plantation and maize field. Furthermore, species composition of dung beetles at primary forest was significantly different compared to all other land use type.

**Key words :** Forest conversion, diversity, dung beetles, conservation

**ABSTRAK**

Studi tentang dampak alih guna hutan menjadi lahan pertanian terhadap keragaman kumbang tinja di sekitar Taman Nasional Lore Lindu telah dilakukan dari bulan Mei sampai dengan September 2002. Pengambilan sampel dilakukan di desa Napu yang terletak pada daerah pinggiran utara Taman Nasional Lore Lindu pada empat tipe habitat yang diteliti yaitu : hutan primer, hutan sekunder, dan lahan pertanian yang terdiri dari kebun coklat dan kebun jagung. Selama penelitian berhasil dikoleksi 18 jenis kumbang tinja dengan menggunakan perangkap jebak berumpan kotoran sapi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman kumbang tinja sangat dipengaruhi oleh tipe habitat (tata guna lahan) yang ada di pinggiran hutan. Perubahan hutan primer menjadi hutan sekunder dan lahan pertanian menyebabkan penurunan secara signifikan jumlah keanekaragaman kumbang tinja. Jumlah spesimen kumbang tinja pada hutan primer rata-rata dua kali lebih banyak dibandingkan dengan di hutan sekunder dan hampir tiga kali lebih banyak dibandingkan pada kebun coklat atau kebun jagung. Selain itu komunitas kumbang tinja di hutan primer berbeda secara signifikan dengan yang ada di hutan sekunder, kebun coklat dan kebun jagung.

**Kata kunci :** Alih guna hutan, keanekaragaman, kumbang tinja, konservasi

**I. PENDAHULUAN**

Telah banyak studi yang mengungkapkan terjadi pengurangan keragaman hayati yang diakibatkan oleh penebangan hutan (Watt *et al.* 1997). Hal ini juga terjadi

di Indonesia dimana hampir semua propinsi telah kehilangan 80 % atau lebih hutan dataran rendah mereka.

Penebangan hutan tersebut tidak hanya mengakibatkan berkurangnya jenis flora di kawasan hutan tetapi juga berpengaruh negatif terhadap kelangsungan hidup hewan yang mendiaminya. Meskipun

\*) Staf Pengajar pada Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.

demikian sejauh mana pengaruh penebangan hutan dan jenis pemanfaatan lahan bekas tebangan hutan terhadap hewan yang mendiaminya masih belum dipahami secara detail (Perfecto, *et al.*, 1997). Hal ini terjadi khususnya pada hewan-hewan artropoda yang tidak memperlihatkan respon yang seragam terhadap kerusakan habitat yang diakibatkan oleh manusia (Lawton, *et al.* 1998).

Hanski dan Krikken (1991) menemukan bahwa penebangan hutan tidak mengakibatkan efek yang signifikan terhadap keanekaragaman kumbang pemakan bangkai. Namun demikian Klein (1989) melaporkan berkurangnya organisme pengurai akibat adanya pengrusakan hutan. Didham *et al.*, (1996) juga melaporkan penurunan kekayaan jenis kumbang tinja akibat penebangan hutan.

Beberapa studi yang telah dilakukan pada dataran tinggi (1100-1200 m dpl) di kawasan Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) juga melaporkan adanya respon yang berbeda dari berbagai taksa terhadap kerusakan hutan. Penebangan dan konversi hutan berpengaruh negatif terhadap komunitas burung (Walter, 2002), tarsius (Merker *et al.*, 2002), dan kupu-kupu (Schulze *et al.*, 2002). Keanekaragaman spesies dari ke empat taksa hewan tersebut pada hutan alami lebih tinggi dibandingkan dengan hutan sekunder dan sistem agroforestri. Sebaliknya Pombo *et al.* (2002) melaporkan bahwa kelompok kera *Macaca tonkeana* pada pinggiran hutan (hutan yang telah rusak) lebih besar (25 individu) dari pada

kelompok kera yang hidup di hutan alami (14 individu) dan dengan wilayah jelajah yang lebih kecil.

Kumbang tinja merupakan salah satu indikator yang baik terhadap kerusakan hutan tropis yang diakibatkan oleh aktifitas manusia karena mereka tersebar luas pada berbagai ekosistem (*ubiquitous*), spesiesnya beragam, mudah dicuplik dan memiliki peran yang penting secara ekologis. Kumbang tinja berperan dalam penguraian kotoran dan bangkai hewan sehingga terlibat dalam siklus hara, penyebaran biji-biji tumbuhan, dan pengendalian parasit vertebrata (dengan menghilangkan sumber infeksi) dan oleh karena itu merupakan komponen yang penting dalam ekosistem hutan tropis Klein 1989; Davis *et al.*, 2001; Estrada & Coates 2002, Andresen 2002,2003). Dengan fungsi yang cukup vital tersebut, maka berkurangnya keragaman spesies kumbang tinja yang diakibatkan oleh kerusakan hutan sebagai habitatnya, dapat menurunkan layanan ekosistem yang seharusnya dilakukan oleh kumbang tinja terutama perannya sebagai dekomposer sebagaimana yang diperlihatkan dalam studi Klein (1989). Hal ini pada akhirnya akan mempengaruhi produktifitas dan keberlanjutan hutan.

Kumbang tinja termasuk dalam kumbang-kumbang famili *Scarabaeidae* ("Scarabs"). Kumbang ini mudah dikenali dengan bentuk tubuhnya yang cembung, bulat telur atau memanjang dan agak berat dengan tungkai yang bertarsi 5 ruas dan sungut 8 – 11 ruas dan berlembar. Tiga sampai tujuh ruas

terakhir antena umumnya meluas menjadi struktur-struktur seperti keping yang sangat dibentangkan secara lebar atau bersatu membentuk satu gada ujung yang padat. Tibia depan kurang lebih membesar dengan tepi luar bergeligi atau berlekuk (Borror *et al.* 1989).

Penelitian ini mencoba untuk mengkaji efek tata guna lahan terhadap kumbang tinja, suatu kelompok serangga yang memegang peran penting dalam penguraian kotoran hewan dan materi organik lainnya dan karenanya memiliki peran ekologis yang sangat penting (Hanski & Cambefort, 1991).

## II. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di desa Napu yang terletak pada daerah pinggiran utara Taman Nasional Lore Lindu. Sampel diambil pada empat desa di daerah tersebut yaitu di Kaduwaa, Wuasa, Watumaeta dan Alitupu. Daerah ini dipilih karena memiliki tipe habitat yang akan diteliti yaitu hutan primer (HP), hutan sekunder (HS), system agroforestri kebun coklat (KC) dan kebun jagung (KJ). Penelitian dilakukan pada bulan Mei sampai dengan Oktober 2002.

### 2.2 Metode Penelitian

Pencuplikan sampel serangga dilakukan dengan mengacu pada Roslin, (1999) dan Jankielsohn *et al.*, (2001) pada keempat tipe habitat dengan masing-masing empat ulangan (total 16 lokasi pencuplikan sampel).

Pada tiap tipe habitat sampel serangga dicuplik dengan menggunakan 10 perangkap jebak yang masing-masing berjarak sekitar 10 m dan dipasang pada transek sepanjang 100 m. Perangkap yang digunakan berupa gelas plastik

diameter 9 cm dan tinggi 12.5 cm. Pada setiap gelas diisi kotoran sapi segar sebanyak wadah dengan volume 15 ml, dibungkus dengan kain dan digantung pada gelas plastik tersebut. Untuk mengawetkan serangga yang masuk kedalam perangkap tersebut maka digunakan larutan garam 20 %.

Setiap hari ketiga, sampel dikoleksi dan pencuplikan sampel dilakukan tiga kali pada setiap habitat.

### 2.3 Analisis Data

Sampel yang diperoleh diidentifikasi dengan mengacu pada kunci identifikasi yang tersedia seperti Balthasar (1963), dan Ochi *et al.* (1996) dan dengan membandingkan dengan koleksi kumbang tinja pada Museum Zoologi Bogor (MZB). Spesies yang tidak dapat diidentifikasi disortir sampai tingkat morfospesies.

Analisis keanekaragaman spesies mencakup keanekaragaman alfa dan keanekaragaman beta. Keanekaragaman alfa dari kumbang tinja ditentukan berdasarkan pada jumlah spesies dan kelimpahan dari setiap spesies kumbang tinja yang dikoleksi dari setiap habitat dan selanjutnya dilakukan uji-F (Anova) dan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk membandingkan rata-rata kekayaan dan kelimpahan spesies antara tipe habitat. Untuk melihat perubahan struktur komunitas kumbang tinja pada setiap tipe habitat dilakukan analisis kelompok dengan menggunakan koefisien kesamaan Bray-Curtis. Indeks Bray-Curtis banyak digunakan dalam studi ekologi untuk menghitung keanekaragaman beta karena nilainya tidak terlalu peka terhadap keberadaan spesies yang jarang ditemukan dibandingkan dengan

indeks lainnya seperti indeks Jaccard atau Sorensen (Southwood, 1996). Untuk memenuhi persyaratan analisis, data yang digunakan sebelumnya ditransformasi ke dalam Log (Y+1) (Krebs 1989).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

##### 3.1.1 Kelimpahan Kumbang Pupuk

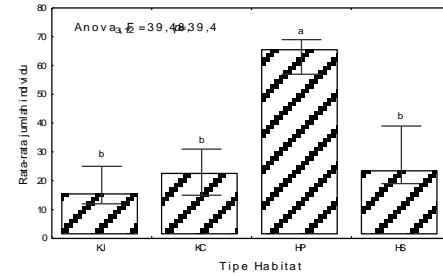
Selama penelitian berhasil dikoleksi 533 spesimen dan 18 jenis kumbang tinja yang termasuk dalam famili *Scarabaeidae* sub famili Scarabainae dan Coprinae dari tiga genus yang berbeda yaitu Copris, Gymnopleurus dan Onthophagus (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah Spesimen dan Spesies Kumbang Tinja yang Dikoleksi Selama Penelitian

Sub family	Genus	Jumlah spesies	Jumlah spesimen
Scarabaeinae	Paragymnopleurus	1	12
Coprinae	Onthophagus	15	519
	Copris	2	2

Dari Tabel 1 tampak bahwa jenis kumbang tinja yang predominan ditemukan di seluruh tipe habitat adalah dari genus Onthophagus karena menyusun sekitar 97, 4 % dari seluruh spesimen yang dikoleksi. Walaupun tidak ada perbedaan yang signifikan dari rata-rata jumlah kumbang tinja yang dikoleksi pada kebun jagung, kebun coklat dan hutan sekunder, kelimpahan kumbang tinja di hutan primer lebih tinggi dan berbeda secara nyata dibandingkan dengan ke tiga tipe habitat lainnya (Gambar 1). Rata-rata jumlah spesimen kumbang tinja pada hutan alami ( $64.25 \pm 9.12$ ) 2 kali lebih banyak dibandingkan pada hutan sekunder ( $26.25 \pm 9.22$ ) dan hampir tiga kali lebih banyak

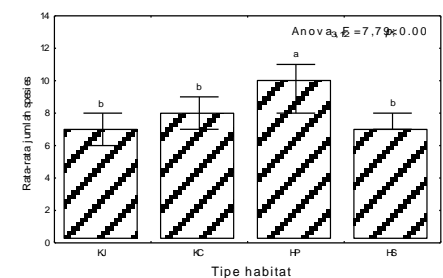
dibandingkan pada kebun coklat ( $22.75 \pm 6.65$ ). Kelimpahan terendah ( $17.00 \pm 5.60$ ) diperoleh dari kebun jagung.



Gambar 1. Rata-rata Jumlah Individu Kumbang Tinja pada Tiap Tipe Habitat di Pinggiran Hutan Taman Nasional Lore Lindu.

##### 3.1.2 Kekayaan Jenis

Seperti pada kelimpahan kumbang tinja, rata-rata jumlah jenis kumbang tinja lebih tinggi pada hutan primer ( $10 \pm 1.41$ ) dan berbeda nyata dengan kekayaan jenis pada ketiga tipe habitat lainnya yang tidak terlalu berbeda jauh (hutan sekunder:  $7.00 \pm 0.00$  species, kebun coklat:  $7.75 \pm 9.57$ , kebun jagung:  $7.25 \pm 0.50$ ) (Gambar 2).



Gambar 1. Rata-rata Jumlah Spesies Kumbang Tinja pada Tiap Tipe Habitat di Pinggiran Hutan Taman Nasional Lore Lindu

### 3.1.3 Kemiripan Komunitas Kumbang Tinja pada Tiap Habitat

Hasil analisis kluster untuk melihat kemiripan komunitas kumbang tinja pada keempat habitat menunjukkan bahwa komposisi jenis kumbang tinja pada keempat lokasi hutan primer tidak terlalu berbeda. Kemiripan komunitas kumbang tinja yang dikoleksi dari hutan primer dengan yang ditemukan dari hutan sekunder, kebun coklat, dan kebun jagung masing-masing adalah 70 %, 68 %, dan 62 % (Tabel 2).

Tabel 2. Kemiripan Komunitas Kumbang Tinja pada Keempat Tipe Habitat Berdasarkan Indeks Kesamaan Bray-Curtis

	KJ	KC	HP	HS
KJ	1.00	0.76	0.62	0.67
KC	0.76	1.00	0.68	0.77
HP	0.62	0.68	1.00	0.70
HS	0.67	0.77	0.70	1.00

### 3.2 Pembahasan

Kekayaan spesies dan kelimpahan kumbang tinja yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga habitat lainnya menunjukkan bahwa perubahan hutan primer menjadi hutan sekunder dan lahan pertanian menyebabkan pengaruh negatif yang signifikan terhadap keragaman kumbang tinja. Menurunnya keragaman serangga akibat kerusakan hutan (sebagaimana dilaporkan oleh Holloway *et al.* 1992, Lawton *et al.* 1998, Schulze 2002) dan perubahan hutan atau tanaman hutan menjadi habitat pertanian (Holloway *et al.*, 1992, Wolda 1987) juga dilaporkan pada kelompok hewan lainnya (Merker *et al.* 2002, Pombo *et al.* 2002).

Sejauh ini belum ada penelitian di Sulawesi tentang pengaruh tata guna lahan terhadap komunitas kumbang tinja. Klein (1989) dan Didham *et al.*, (1996) melaporkan bahwa penurunan keragaman kumbang tinja akibat adanya fragmentasi hutan.

Meskipun hasil analisis kesamaan komunitas kumbang tinja pada keempat habitat menunjukkan bahwa konversi hutan primer menjadi ketiga tipe habitat tersebut tidak terlalu merubah komposisi kumbang tinja (Tabel 2), akan tetapi analisis lebih jauh menunjukkan bahwa dari 18 jenis yang ditemukan hanya sedikit jenis kumbang tinja yang hanya ditemukan pada satu jenis habitat. Di hutan primer hanya 2 jenis yang dikoleksi yang tidak ditemukan pada hutan sekunder dan sistem agroforest (kebun coklat dan kebun jagung). Selain itu dari 10 jenis yang melimpah (rata-rata lebih dari 10 spesimen tiap jenis) hanya satu jenis yang terdapat pada 2 jenis habitat, 3 jenis hanya terdapat pada 3 habitat dan ada 6 jenis yang terdapat pada semua jenis habitat. Keenam jenis ini dapat dikategorikan sebagai jenis yang agak toleran (kurang terpengaruh) terhadap adanya konversi hutan primer menjadi tipe habitat lainnya.

Dengan melihat jumlah spesies kumbang tinja yang ditemukan tampak bahwa alih guna hutan alami menjadi hutan sekunder, kebun coklat, dan kebun jagung hanya mengurangi sekitar 25 % dari jenis kumbang yang ditemukan di hutan alami. Hasil ini mengindikasikan bahwa alih guna hutan menjadi lahan pertanian lebih memberikan dampak negatif terhadap kelimpahan

kumbang tinja dibandingkan dengan jumlah jenis kumbang tinja (untuk hasil yang mirip lihat Estrada dan Coates-Estrada 2002 ).

Perubahan struktur komunitas kumbang tinja juga dapat dilihat dari ukuran kumbang tinja yang ditemukan pada setiap habitat. Jenis kumbang tinja yang berukuran lebih besar seperti *Paragymnopleurus striatus* (17.0 mm) dan *Copris sinicus* (20.5 mm) hanya ditemukan di hutan primer dan tidak ditemukan pada ketiga habitat lainnya sehingga dapat disebut sebagai *forest species*. Sementara itu berdasarkan studi Jankieson *et al.* (2001) jenis kumbang tinja yang berukuran lebih besar memiliki peran yang lebih signifikan dalam penguraian kotoran dan bangkai hewan dibandingkan dengan yang ukurannya lebih kecil. Dengan ukuran dan kelimpahan kumbang tinja yang lebih besar pada hutan primer dapat diduga bahwa laju penguraian kotoran dan bangkai hewan di hutan primer lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga habitat lainnya.

Sebanyak 97.4 % dari spesies kumbang tinja yang dikoleksi selama penelitian termasuk dalam genus *Onthophagus*. Dengan jumlah spesies sekitar 2000, genus ini merupakan salah satu genus yang sangat beragam dari kelompok serangga. Dari kelompok kumbang tinja, genus ini paling banyak ditemukan di Asia Tenggara (Hanski, 1983, Hanski & Cambefort, 1991).

Sedikitnya jumlah spesies yang ditemukan pada penelitian ini dibandingkan dengan studi lainnya (seperti Davis *et al.*, 2001 yang menemukan 86 jenis di dataran

rendah hutan hujan tropis Borneo) diduga antara lain disebabkan karena hanya menggunakan satu jenis umpan (kotoran sapi), sebagaimana diketahui bahwa beberapa jenis kumbang tinja lebih tertarik pada kotoran hewan omnivora (seperti kotoran manusia) atau bangkai hewan yang telah mati (Hanski 1983). Selain itu, tidak adanya mamalia herbivora besar seperti gajah, harimau, dan sejenisnya di Sulawesi sepanjang sejarah diduga menjadi salah satu penyebab sedikitnya jenis kumbang tinja di Wilayah ini jika dibandingkan misalnya dengan Savanah di Afrika. Di daerah geografis yang memiliki banyak mamalia herbivora besar umumnya memiliki pula banyak spesies kumbang tinja (Hanski dan Cambefort, 1991).

## IV. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

1. Pada pinggiran Hutan Taman Nasional Lore Lindu ditemukan paling tidak 18 jenis kumbang tinja yang didominasi oleh jenis *Onthophagus* spp.
2. Keanekaragaman kumbang tinja sangat dipengaruhi oleh tipe habitat (tata guna lahan) yang ada di pinggiran hutan. Perubahan hutan primer menjadi hutan sekunder dan lahan pertanian lebih berpengaruh negatif terhadap kekayaan jenis kumbang tinja dibandingkan dengan pengaruhnya terhadap kelimpahan kumbang tinja.
3. Komunitas kumbang tinja di hutan primer berbeda secara signifikan dengan yang ada di hutan sekunder, kebun coklat dan kebun jagung.

## 4.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut apakah laju penguraian kotoran (bahan organik) pada habitat yang lebih beragam kumbang tinjanya akan berbeda dengan laju penguraian

di habitat yang keragaman kumbang tinjanya kurang beragam. Selain itu perlu juga dikaji penggunaan jenis umpan lainnya untuk menarik kumbang tinja.

## 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.
- \_\_\_\_\_, 2003. *Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration*. Ecography 26(1) : 87-97
- Balthasar, V. 1963. *Monographie der scarabaeidae und aphodiidae der palaearktischen und orientalischen region*. Verlag der Tschechoslawakischen Akademie der Wissenschaften. Prag, 1 : 1-391
- Booth, R.G., Cox, M.L., Madge, R.B., 1990. *IIE guides to insects of importance to man, 3. Coleoptera*. C.A.B International, UK.
- Borror D.J., Triplehorn C.A., Johnson, N.F., 1989. *An introduction to the study of insects*. Sixth edition. Saunders College Publishing. New York.
- Didham, R.K., Ghazoul, J., Stork, N.E. & Davis, A., 1996. *Insects in fragmented forests: a functional approach*. Trend of Ecology and Evolution 11: 255-260.
- Estrada A. and Coates-Estrada R. 2002. *Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico*. Biodiversity and Conservation 11:1903 –1918.
- Hanski, I. & Cambefort, Y. (eds.) 1991. *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton.
- Hanski, I. & Krikken, J., 1991. *Dung beetles in tropical forests in South-East Asia*. In: Hanski, I. & Cambefort, Y. (eds.), *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, pp. 179- 197.
- Hanski, I. 1983. *Distributional ecology and abundance of dung and carrion-feeding beetles (Scarabidae) in tropical rain forest in Sarawak, Borneo*. Acta Zooligica Fennica; No.167.
- Holloway J.D., Kirk-Spring A.H. and Chey V.K. 1992. *The response of some rain forest insect groups to logging and conversion to plantation*. Philosophical Transactions of the Royal Society Series B 335: 425–436.
- Jankielsohn A, Scholtz CH, Louw S.VDM. 2001. *Effect of habitat transforamation on dung beetle assemblages: A comparison between a south african nature reserve and neighboring farms*. Env.Entomol. 30 (3) :474-483.
- Klein, B.C. 1989. *Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia*. Ecology 70: 1715-1725.
- Klein, B.C., 1989. *Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia*. Ecology 70: 1715-1725.

- Krebs, C.J., 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers, Inc. New York, pp. 293-314.
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Shrivastava, D.S. & Watt, A.D. 1998. *Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical rain forest*. *Nature* 391: 72-76.
- Merker S, Yustia I, Muhlenberg M, 2002. *Loosing ground but yet doing well-Tarsius diana in man-altered rainforest of Central Sulawesi, Indonesia*. International Symposium on Land Use, Nature Conservation, and the Stability of Rainforest Margins in Southeast Asia, 30 September–3 October 2002, Bogor, Indonesia : 111-113.
- Ministry of State for Population and Environmental Republic Indonesia. 1992. *Indonesia country study on biological diversity*. Prepared for UNEP under The work Programme for Environment Cooperation between The Republic of Indonesia and The Kingdom of Norway. Jakarta
- Ochi T, Kon M, Kikuta T. 1996. *Studies on the family Scarabaeidae (Coleoptera) from Borneo*. I. Identification keys to subfamilies, tribes, and genera. *Giornale Italiano di Entomologia*, 8 (42) : 37-54.
- 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.
- Pombo A, Walter M, Mansjoer S, Mardiasuti A, Muhlenberg M. 2002. *Home range, diet and behaviour of Macaca tonkeana in Lore Lindu National Park*. International Symposium on Land Use, Nature Conservation, and the Stability of Rainforest Margins in Southeast Asia, 30 September–3 October 2002, Bogor, Indonesia: 114.
- Roslin, T., 1999. *Spatial ecology of dung beetle*. Abstract of dissertation. Department of Ecology and Systematics, Division of population ecology, University of Helsinki, Finland.
- Schulze CH, Steffan-Dewenter I, Tschardt T. 2002. *Effects of land use on butterfly communities at the rain forest margin: a case study from Central Sulawesi*. International Symposium on Land Use, Nature Conservation, and the Stability of Rainforest Margins in Southeast Asia, 30 September–3 October 2002, Bogor, Indonesia : 98-100.
- Southwood T.R.E. 1996. *Ecological methods with particular reference to study of insect population*. 2<sup>nd</sup> edition. Chapman & Hall. P.430-432.
- Walter M. 2002. *Impact of deforestation on the avifauna of Lore Lindu National Park, Central Sulawesi*. International Symposium on Land Use, Nature Conservation, and the Stability of Rainforest Margins in Southeast Asia, 30 September–3 October 2002, Bogor, Indonesia, 101-102.
- Watt A.D., Stork N.E., Eggleton P., Srivastava D., Bolton B., Larsen T.B., Brendell M.J.D. and Bignell D.E. 1997. *Impact of forest loss and regeneration on insect abundance and diversity*. In: Watt S.D., Stork N.E. and Hunter M.D. (eds) *Forests and Insects*. Chapman & Hall, London.pp. 273–286.
- Wolda H. 1987. *Altitude, habitat and tropical insect diversity*. *Biological Journal of the Linnean Society* 30: 313–323.