

**KEANEKARAGAMAN SERANGGA INDONESIA, POSISINYA
DI DUNIA, DAN PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN:
Kasus Rayap¹**

F.X. Susilo

**Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
Email:fxsusilo2000@yahoo.com**

ABSTRAK

Serangga merupakan kelompok hewan yang paling beragam di dunia. Saat ini diperkirakan terdapat 1 juta spesies serangga dengan empat ordo terbesar, yaitu Coleoptera (kumbang), Hymenoptera (semut, lebah, tawon & tabuhan), Diptera (lalat & nyamuk), dan Lepidoptera (kupu & ngengat). Pada makalah ini diuraikan keanekaragaman rayap, posisinya di dunia, dan responnya terhadap perubahan tataguna lahan. Meski keragamannya jauh di bawah keempat ordo terbesar serangga, rayap cukup beragam dengan tujuh famili, 282 genera dan 2.761 spesies yang tersebar secara bervariasi di enam kawasan zoogeografi dunia. Keanekaragaman rayap tertinggi terdapat di bentang alam tropis, terutama di kawasan hutannya. Bentang alam Indonesia menyumbang 8% dari total keanekaragaman spesies rayap dunia. Hampir separo dari seluruh spesies rayap Indonesia berasal dari Pulau Sumatra dan Jawa; sebagian lainnya berasal dari pulau Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Keanekaragaman dan/atau kelimpahan rayap menurun sejalan dengan meningkatnya intensitas penggunaan lahan. Rayap pemakan tanah lebih peka terhadap perubahan intensitas penggunaan lahan daripada rayap pemakan kayu. Rayap-rayap hama pada tanaman atau bangunan-bangunan berkayu perlu dikendalikan populasinya tetapi rayap-rayap pembangun ekosistem di kawasan hutan dan sekitarnya perlu dikonservasi melalui beberapa pendekatan.

Pendahuluan

Serangga merupakan kelompok hewan yang paling beragam di dunia. Data enam puluh tahun yang lalu menunjukkan bahwa dari kira-kira 900 ribu spesies hewan, hampir 700 ribu spesies di antaranya (70%) adalah serangga (Matheson, 1948; Gambar 1). Dari waktu ke waktu spesies baru ditemukan dan dideskripsi.

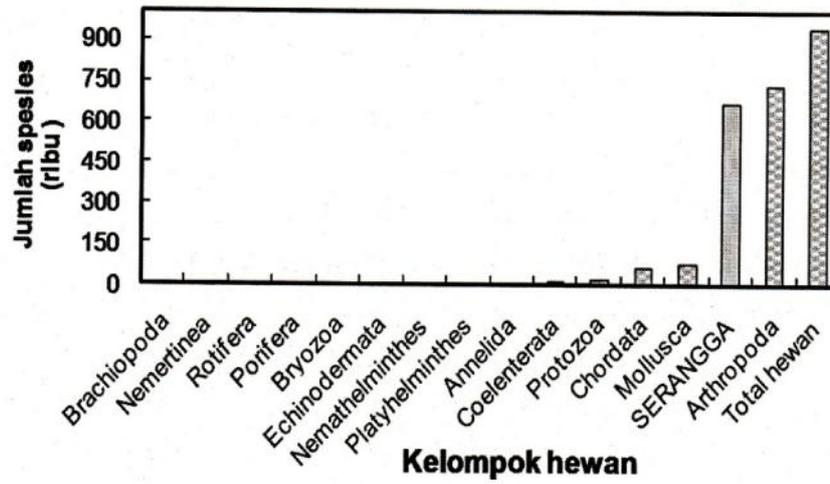
¹ Makalah Utama, dipresentasikan pada Konferensi Nasional Konservasi Serangga, Konservasi Serangga pada Bentang Alam Tropis: Peluang dan Tantangan, Bogor 29 Januari 2007

Kini diperkirakan total hewan mencapai 1,5 spesies dan total serangga mencapai 1 juta spesies (http://www.learner.org/.../biodiv_3.html). Data terkini tersebut mengindikasikan bahwa serangga masih tetap merupakan hewan paling beragam.

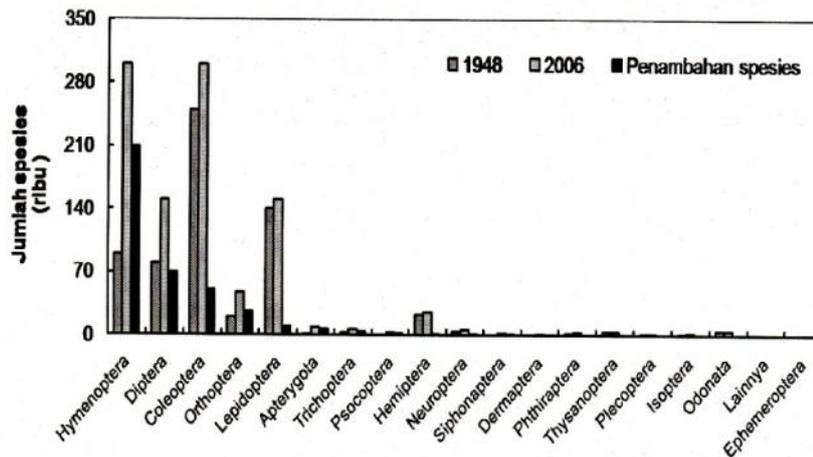
Kelompok serangga sendiri terdiri atas berbagai golongan, yaitu antara 18 - 20 ordo (Matheson 1948; Gambar 2) sampai 28 ordo (Borror *et al.*, 1980). Empat ordo terbesar adalah 1) Coleoptera (250 ribu spesies), 2) Lepidoptera (140 ribu spesies), 3) Hymenoptera (90 ribu spesies), dan 4) Diptera (80 ribu); dengan urutan seperti itu pada enam puluh tahun yang lalu. Dalam kurun waktu 60 tahun, jumlah spesies baru yang ditemukan (tambahan spesies) pada keempat ordo terbesar itu adalah (diurutkan dari yang terbanyak): Hymenoptera (210 ribu spesies), Diptera (70 ribu spesies), Coleoptera (50 ribu spesies), dan Lepidoptera (10 ribu spesies). Dengan demikian, maka saat ini urutan kekayaan spesies tersebut sudah sedikit berubah tetapi keempat ordo tersebut masih berada pada posisi empat besar, yaitu Coleoptera dan Hymenoptera (masing-masing dengan 300 ribu spesies) dan Lepidoptera dan Diptera (masing-masing dengan 150 ribu spesies).

Rayap (Ordo Isoptera)

Rayap merupakan salah satu golongan serangga yang cukup penting bagi kehidupan manusia, meskipun keragaman spesiesnya masih jauh di bawah keempat ordo terbesar yang dikemukakan sebelumnya. Rayap mengonsumsi bahan tumbuhan, baik yang masih berupa biomassa maupun yang telah menjadi nekromassa, bahkan yang telah menjadi humus (pemakan tanah). Berbagai jenis rayap merupakan pemakan kayu yang rakus, sebagian dari mereka ini sering berstatus sebagai hama bangunan dan komoditas lain yang terbuat dari kayu. Beberapa genus dari golongan itu juga dapat menjadi hama tanaman dan pepohonan (Kalshoven, 1981; Harris, 1971; Amir, 1987; Tarumingkeng, 2001). Namun demikian, sebagian terbesar jenis rayap sesungguhnya justru berguna bagi manusia; golongan ini adalah pemakan bahan organik tanah (termasuk pemakan tanah) atau sisa-sisa bahan tumbuhan yang melapuk. Mereka merupakan penghuni hamparan hutan dan berperan penting dalam proses penyehatan dan rekayasa ekosistem.



Gambar 1. Jumlah spesies berbagai kelompok hewan (Matheson, 1948)



Gambar 2. Jumlah spesies berbagai ordo serangga (1948 = Matheson, 1948; 2006 = komunikasi pribadi Dr. Yayuk Suhardjono, Museum Zoologi Bogor)

Biologi Rayap

Rayap adalah serangga kolonial dan sosial. Dalam koloni rayap terdapat tiga kasta rayap, yaitu kasta reproduksi, kasta pekerja, dan kasta prajurit (Collins, 1989). Kasta reproduksi adalah sepasang individu betina ("ratu" atau "gendon") dan jantan ("raja") yang semula bersayap (laron). Kasta reproduksi ini melaksanakan fungsi seksual dan reproduksi. Dua kasta lainnya, yaitu pekerja dan prajurit, mandul. Selain mandul, pekerja dan prajurit tidak bersayap. Pekerja berfungsi sebagai pencari pakan (*forager caste*) sedangkan prajurit sebagai komponen pertahanan koloni. Satu koloni beranggotakan beberapa ratus ekor sampai tujuh juta ekor rayap, yang sebagian terbesar terdiri atas pekerja. Koloni yang kecil dikendalikan oleh sepasang kasta reproduksi sedangkan koloni yang besar dapat dihuni oleh beberapa pasang kasta reproduksi. Prajurit dan pekerja dapat dibedakan dari bentuk dan struktur kepalanya (kasta prajurit tidak dikenal pada rayap-rayap dari golongan Apicotermittinae). Kepala dan mandibel prajurit lebih besar ukurannya daripada kepala dan mandibel pekerja. Selain besar ukurannya, kepala prajurit sangat bervariasi bentuknya. Variasi tersebut antara lain digunakan oleh taksonom untuk mengenali jenis-jenis rayap.

Rayap berevolusi melewati dua jalur utama, yaitu jalur simbiosis dan jalur pertahanan diri (Collins, 1989). Sebagian kelompok rayap menjalin hubungan mutualistik dengan protozoa, bakteri, dan jamur untuk meningkatkan kinerja pencernaannya terhadap berbagai bahan tumbuhan pakannya. Sebagian kelompok rayap lainnya mengembangkan adaptasi anatomi atau morfologi, terutama pada prajuritnya untuk memperkuat pertahanan koloninya. Pertahanan koloni juga dikembangkan melalui berbagai bentuk bangunan pelindung (sarang, gundukan, lorong persabaan).

Ekstan rayap dunia terdiri atas tujuh famili, yaitu Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, dan Termitidae (Grasse, 1949). Enam famili yang pertama secara evolusioner adalah rayap tingkat rendah (primitif) sedangkan Termitidae adalah rayap tingkat tinggi (maju). Anggota rayap primitif bersimbiosis dengan protozoa flagelata yang bermukim di dalam proktodeumnya. Keberadaan flagelata pada saluran pencernaan itu memungkinkan rayap inang mencerna selulosa (Breznak, 1982).

Pada umumnya rayap primitif membangun koloni di dalam sarang-sarang sederhana, sedangkan rayap tingkat tinggi hidup di dalam sarang yang kompleks. Berbeda dengan rayap primitif, Termitidae bersimbiosis dengan bakteri anaerob atau jamur. Fungsi dan kerja bakteri simbiosis pada Termitidae mirip dengan protozoa simbiosis pada rayap primitif, yaitu memfasilitasi berlangsungnya proses pencernaan rayap inang. Adapun jamur simbiosis dibiakkan oleh Termitidae pada fesesnya, kemudian mereka konsumsi sebagai pakan (Collins, 1983).

Biogeografi dan Persebaran Rayap

Di kawasan tropis, rayap terdapat dalam jumlah yang sangat melimpah namun eksistensi mereka pada umumnya tidak mencolok. Diperkirakan kisaran kepadatan populasi rayap di hutan tropis adalah antara 300 sampai 3000 ekor m^{-2} dengan bobot antara 0,7 sampai 11 g m^{-2} (Collins, 1983; Abe, 1979; Strickland, 1944; van der Drift, 1963; Wood *et al.*, 1982; Maldague, 1964). Rayap biasanya hidup tersembunyi di dalam batang kayu yang telah melapuk, di dalam tanah, sarang, atau lorong persabaan (Golley, 1983). Sarang rayap dapat dibangun di bawah tanah, di dalam gundukan tanah, atau di tajuk pepohonan.

Ekstan rayap dunia (Grasse, 1949) dengan tujuh famili sebagaimana dikemukakan sebelumnya terdiri atas 236 genera (Collins, 1989) dan 2.331 spesies (Wood & Johnson, 1986). Namun dari waktu ke waktu keanekaragaman rayap terus bertambah dengan ditemukannya spesies baru melalui ekspedisi, koleksi spesimen, revisi taxa, dan reklasifikasi dari spesimen dan taxa yang ada. Sebagai misal, data terkini menyebut jumlah 282 atau 285 genera dan 2.761 spesies rayap dunia (<http://utoronto/.../termite/termite.htm>). Tiga besar famili rayap adalah Termitidae, Kalotermitidae, dan Rhinotermitidae (Tabel 1, dikompilasi dari berbagai sumber). Ketiga famili tersebut pada umumnya hidup di kawasan hutan hujan tropis (Wood & Johnson, 1986). Empat famili lainnya, yaitu Termopsidae, Hodotermitidae, Mastotermitidae, dan Serritermitidae, merupakan famili-famili langka.

Tabel 1. Sebaran rayap dunia (dikompilasi dari berbagai sumber)

No.	Famili	Genus	Spesies	Af	As	SA	Au	NA	Eu
1.	Termitidae	236	1.958	√	√	√	√	√	
2.	Kalotermitidae	22	419	√	√	√	√	√	√
3.	Rhinotermitidae	14	343	√	√	√	√	√	√
4.	Termopsidae	5	20	√	√	√	√	√	
5.	Hodotermitidae	3	19	√	√				
6.	Mastotermitidae	1	1				√		
7.	Serritermitidae	1	1			√			
Total		282	2.761						

Catatan: Af = Afrika (*Ethiopian*), As = Asia (*Oriental*), SA = Amerika Selatan (*Amazonia, Neotropics*), Au = Australia (termasuk Papua), NA = Amerika Utara (*Nearctic*), Eu = Eropa (*Palaearctic*); tanda conteng menunjukkan famili rayap ditemukan di kawasan yang bersangkutan.

Sebaran genera rayap dunia adalah sebagai berikut: Afrika (127 genera), Oriental (Indo-Malaya, 86 genera), Amazonia (termasuk Mexico, 76 genera), Australia (termasuk Papua, 43 genera), Amerika Utara (Nearctic, 21 genera), dan Eropa (Palaearctic, 2 genera) (<http://utoronto/.../termite/termite.htm>.) Famili Hodotermitidae belum pernah ditemukan di kawasan Amazonia, Australia, atau Eropa. Spesies tunggal Mastotermitidae (*M. darwiniensis* (Heer)) hanya ditemukan di hutan-hutan Papua Nugini (Kalshoven, 1981) sedangkan spesies tunggal Serritermitidae (*S. serrifer* (Hagen)) hanya ditemukan di hutan sabana Brazil (Emerson & Krishna, 1975). Dengan demikian, rayap-rayap yang berpeluang besar ditemukan di kawasan tropis basah Asia (termasuk Indonesia) adalah dari Famili Termitidae, Rhinotermitidae, dan Kalotermitidae.

Termitidae terdiri atas empat subfamili, yaitu Apicotermitinae, Termitinae, Macrotermitinae, dan Nasutitermitinae (Tho, 1982). Subfamili pertama, Apicotermitinae, adalah rayap pemakan bahan organik tanah (pemakan tanah) dan ada anggotanya (terutama dari kelompok *Anoplotermes*) yang tidak berprajurit. Rayap yang tersebar di kawasan Neotropis, Nearktika, dan Afrika Tropis ini diduga aseli Afrika. Apicotermitinae sangat jarang ditemukan di Asia.

Subfamili Termitidae yang kedua, yaitu Termitinae beranekaragam dari segi pakan dan morfologinya. Golongan rayap tropikopolitan ini terdiri atas dua

kelompok berdasarkan sumber pakannya, yaitu pemakan kayu dan pemakan tanah. Termitinae pemakan kayu semula digolongkan ke dalam subfamili tersendiri, yaitu Amitermitinae namun kemudian Amitermitinae kemudian dinyatakan sebagai sinonim dari Termitinae (Sands, 1972). Termitinae pemakan kayu secara evolusioner dianggap lebih rendah daripada Termitinae pemakan tanah. Termitinae pemakan tanah ini sendiri terdiri atas dua golongan berdasar morfologi mandibel prajuritnya, yaitu kelompok bermandibel penggigit yang simetris bilateral dan kelompok bermandibel penampar yang tidak simetris bilateral (Collins, 1989). Kelompok bermandibel penampar yang dikenal sebagai kelompok *Capritermes* ini tropikopolitan sedangkan kelompok bermandibel simetris terdapat secara endemik di Afrika saja.

Subfamili ketiga dari Termitidae adalah Macrotermitinae. Macrotermitinae tersebar di kawasan Eropa namun mereka bernenek moyang dari Afrika Tropis (Emerson, 1955). Macrotermitinae bersimbiosis dengan jamur Basidiomycetes (terutama genus *Termitomyces*). Jamur *Termitomyces* tumbuh di sisiran feses pada dinding dalam sarang rayap yang mereka bangun dari tanah dan ludahnya. Macrotermitinae terdiri atas tiga belas genera; yang delapan genera hanya ditemukan di Afrika Tropis, dua genera hanya di Asia Tropis, dan tiga genera di kedua kawasan itu (Ruelle, 1978). Sejauh ini Macrotermitinae belum ditemukan di kawasan Neotropis dan Australia.

Subfamili terakhir dari Termitidae adalah Nasutitermitinae. Ciri morfologi paling mencolok dari subfamili ini adalah adanya nasus, yaitu 'moncong' (atau lebih tepat 'tanduk') pada verteks kepala prajuritnya sehingga mereka dikenal sebagai nasut. Dari nasus ini dapat disemprotkan cairan beracun dan likat yang berfungsi untuk pertahanan diri (Prestwich, 1983). Nasutitermitinae tersebar di seantero kawasan tropis tetapi diduga bahwa mereka berasal dari kawasan Neotropis. Nasut memakan bahan tumbuhan dalam berbagai bentuk, misalnya sisa brangkas dan humus (kelompok *Subulitermes*), kayu lapuk (*Nasutitermes*), daun lapuk (*Havilanditermes*), daun kering (*Ruptitermes*), atau lulut kerak dan ganggang (*Hospitalitermes*).

Famili rayap kedua yang paling sering dijumpai di kawasan hutan tropis basah adalah Rhinotermitidae. Nama umum rayap ini adalah rayap kayu lembab,

sesuai dengan menu pakannya yang berupa batang atau cabang tumbuhan berkayu berkadar air tinggi dan pada umumnya berhubungan dengan permukaan tanah. Beberapa genera Rhinotermitidae yang sangat terkenal antara lain *Coptotermes* (sering menjadi hama penting tanaman dan bangunan), *Heterotermes*, *Schedorhinotermes*, dan *Parrhinotermes*.

Famili ketiga rayap yang bersifat tropikopolitan adalah Kalotermitidae. Nama umum rayap ini adalah rayap kayu kering. Teladan yang paling dikenal adalah 'teter' atau 'totor' (Jawa). Rayap ini biasanya menyerang bahan bangunan yang terbuat dari kayu kering (kap rumah, traso, dsb.) Kalotermitidae yang sering kita jumpai adalah anggota-anggota dari genera *Glyptotermes*, *Cryptotermes*, dan *Kalotermes* (Kalshoven, 1981). Berbeda dengan Rhinotermitidae yang selalu berhubungan dengan tanah, Kalotermitidae memakan kayu yang tidak berhubungan dengan tanah. Oleh karena itu, wajar bila rayap ini dijumpai juga di vegetasi bakau.

Keanekaragaman Rayap Indonesia dan Posisinya di Dunia

Keanekaragaman rayap dunia dan posisi keanekaragaman rayap Indonesia terangkum pada Tabel 2. Bentang alam Indonesia menyumbang 8% dari total keanekaragaman spesies rayap dunia. Hampir separo dari seluruh spesies rayap Indonesia berasal dari Pulau Sumatra dan Jawa; sebagian lainnya berasal dari pulau Kalimantan (37%), Sulawesi (17%) dan Papua (sisanya).

Keanekaragaman Rayap versus Tataguna Lahan

Di bentang alam tropis, keanekaragaman rayap bervariasi menurut tataguna lahan. Data dari berbagai tataguna lahan di bentang alam Amerika, Afrika, dan Asia tropis menunjukkan bahwa hutan atau lahan dengan suksesi vegetasi lanjut memiliki keanekaragaman rayap yang tertinggi (Gambar 3 s/d 7).

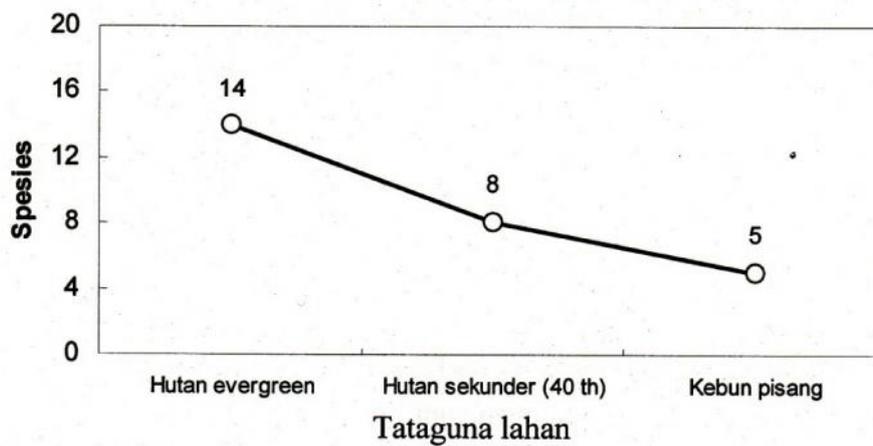
Keanekaragaman dan/atau kelimpahan rayap menurun sejalan dengan meningkatnya intensitas penggunaan lahan (Gambar 8). Meningkatnya intensitas penggunaan lahan ini mengubah struktur kanopi dan merusak habitat rayap. Kanopi yang lebih terbuka karena pembalakan hutan, misalnya, membuat biota penghuni hutan, termasuk rayap, terpapar iklim mikro baru yang sukar mereka tolerir yang menyulitkan mereka untuk berbiak dan bertahan hidup.

Tabel 2. Inventaris rayap dunia dan posisi Indonesia

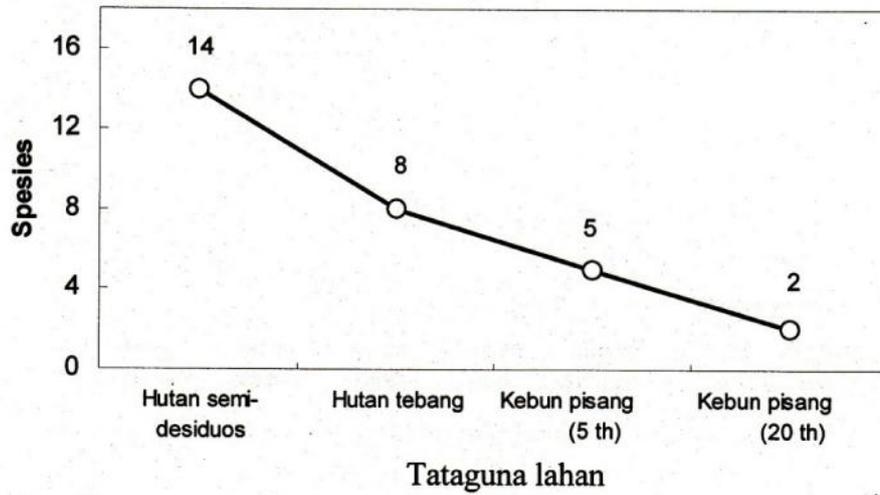
No.	Kawasan	Genus	Spesies	Posisi (%)		Rujukan
				Dunia	Indonesia	
1.	Dunia	282	2.761	-	-	http://utoronto/.../termite.htm
2.	Indonesia	-	225	8	-	MZB**, Homathevi (2003)
3.	Sumatra & Jawa	38	105	4	47	Susilo & Aini (2005), Gathorne-Hardy <i>et al.</i> (2000)
4.	Borneo*	42	93	3	37	Jones & Eggleton (2000)
5.	Sulawesi	19	42	2	17	Gathorne-Hardy <i>et al.</i> (2000)
6.	Papua	11	-	-	-	http://utoronto/.../termite.htm

*) dari koleksi di kawasan Sabah dan sekitarnya

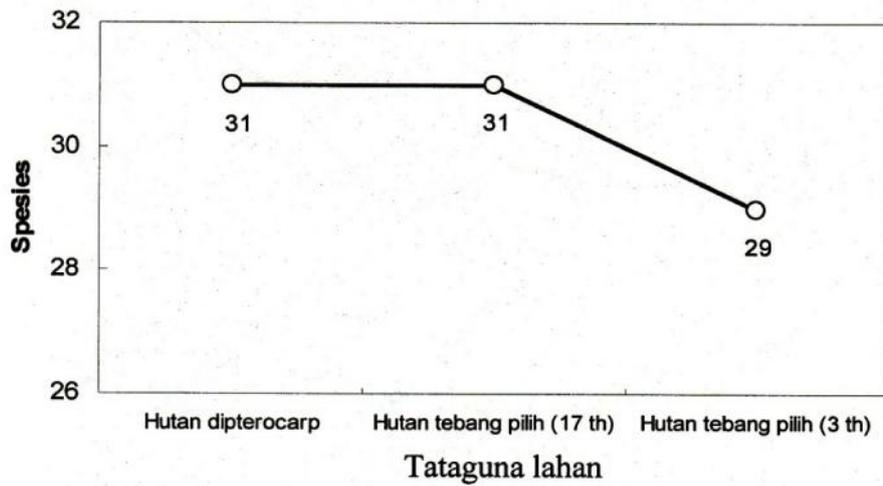
***) komunikasi pribadi dengan Dr. Y. Suhardjono (Museum Zoologi Bogor)



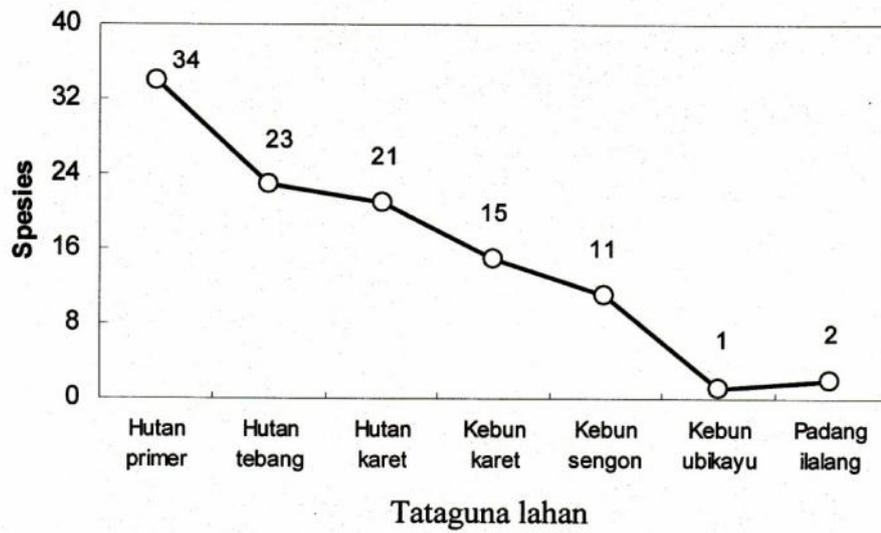
Gambar 3. Keanekaragaman rayap berubah sejalan dengan alih guna hutan di Brazil (Bandeira & Vasconcellos, 2002)



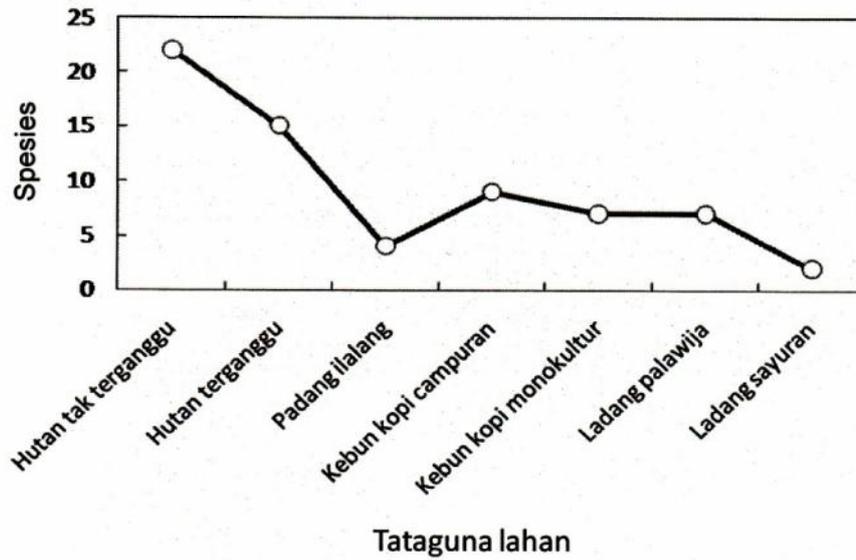
Gambar 4. Keanekaragaman rayap berubah sejalan dengan alih guna hutan di Kamerun (Eggleton et al., 1995)



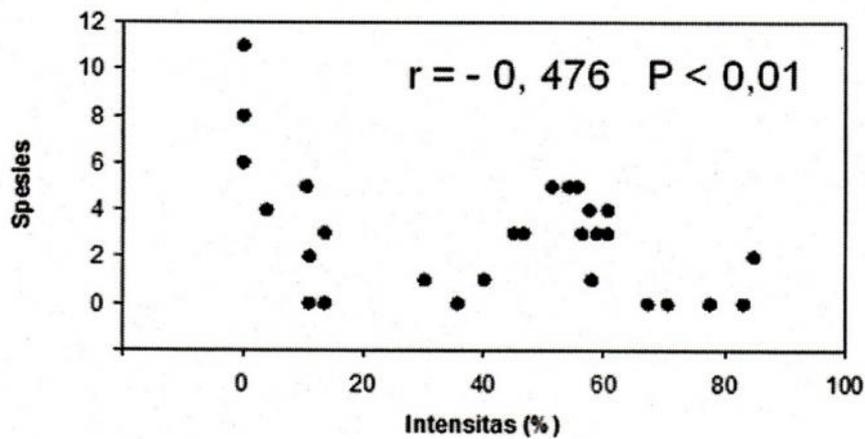
Gambar 5. Keanekaragaman rayap berubah sejalan dengan alih guna hutan di Sabah (Eggleton et al., 1997)



Gambar 6. Keanekaragaman rayap berubah sejalan dengan alih guna hutan di Jambi (Jones *et al.*, 2003)



Gambar 7. Keanekaragaman rayap berubah sejalan dengan alih guna hutan di Lampung (Susilo & Aini, 2005)



Gambar 8. Hubungan antara intensitas usahatani dan keanekaragaman spesies rayap (Susilo & Aini, 2005)

Intensitas penggunaan lahan yang tinggi diindikasikan oleh beberapa variabel berikut: keanekaragaman tumbuhan berkayu yang rendah, luas pangkal (*basal area*) pohon yang rendah, volume kayu mati yang rendah, kanopi vegetasi yang rendah, stok karbon yang rendah di (permukaan) tanah, kerapatan lindak (*bulk density*) tanah yang tinggi (Tabel 3), dan serasah yang tipis (Gambar 9). Keseluruhan variabel tersebut, kecuali kerapatan lindak tanah, sangat berkaitan dengan keberadaan (keangkaan) vegetasi berkayu, termasuk pohon.

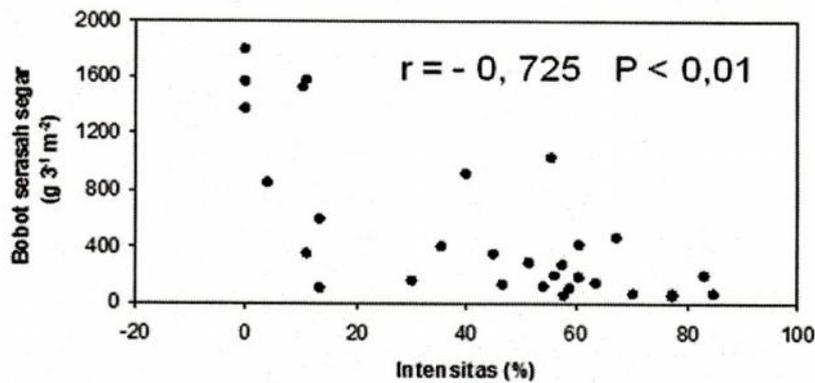
Tabel 3. Faktor-faktor pada tataguna lahan yang berpengaruh terhadap keanekaragaman atau kelimpahan rayap

No.	Faktor	Total	Pemakan kayu	Pemakan tanah	Rujukan
1.	Keanekaragaman tumbuhan berkayu	0,850*	-	-	Gillison <i>et al.</i> (2003), Jones <i>et al.</i> (2003)
2.	Tinggi kanopi	0,963**	0,935*	0,925*	Gillison <i>et al.</i> (2003), Jones <i>et al.</i> (2003)
3.	<i>Basal area</i> tumbuhan berkayu	0,955**	0,924**	0,950**	Gillison <i>et al.</i> (2003), Jones <i>et al.</i> (2003)
4.	Karbon di permukaan tanah	0,890**	0,883*	-	Gillison <i>et al.</i> (2003), Jones <i>et al.</i> (2003)
5.	Volume kayu mati	0,915*	0,930*	-	Jones <i>et al.</i> (2003)
6.	Kerapatan lindak tanah	-0,878**	-	-	Gillison <i>et al.</i> (2003)

Catatan: **) koefisien korelasi berbeda dengan nol pada taraf nyata 0,01;

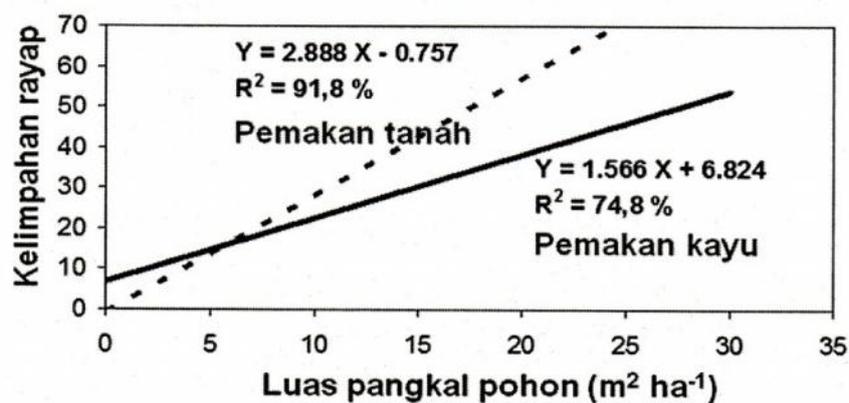
*) koefisien korelasi berbeda dengan nol pada taraf nyata 0,05;

) koefisien korelasi tidak berbeda dengan nol pada taraf nyata 0,05.



Gambar 9. Hubungan antara intensitas usahatani dan ketebalan Serasah (Susilo & Aini, 2005)

Rayap pemakan tanah lebih peka terhadap perubahan intensitas penggunaan lahan daripada rayap pemakan kayu (Gambar 10). Sebagai sumber pakan rayap pemakan kayu, kayu mengandung bahan-bahan selulosik yang lebih kaya energi daripada tanah. Sumber pakan rayap pemakan tanah, yaitu tanah, terdiri atas mineral tanah dan bahan organik terlapuk (humus) yang rendah energi (Eggleton *et al.*, 1998). Cadangan energi pada rayap pemakan tanah kurang memadai untuk ‘membayar biaya’ metabolik yang tinggi dalam penanganan cekaman lingkungan. Itulah sebabnya mengapa, bila dibandingkan rayap pemakan kayu, rayap-rayap pemakan tanah lebih peka terhadap perubahan lingkungan, termasuk perubahan intensitas penggunaan lahan.



Gambar 10. Hubungan antara luas pangkal pohon dan kelimpahan rayap (Jones *et al.*, 2003)

Penutup

Masyarakat pada umumnya mengenal rayap dalam kapasitasnya sebagai hama, baik hama tanaman berkayu maupun hama bangunan (Kalshoven, 1981). Rayap-rayap ini perlu dikendalikan untuk meminimalkan kerusakan dan gangguan yang diakibatkan. Namun kelompok rayap lain, terutama yang hidup di kawasan hutan justru bermanfaat sebagai pembangun ekosistem; rayap-rayap ini perlu dikonservasi (Davies *et al.*, 1999; Jones *et al.*, 2003) dengan pendekatan sebagai berikut. Hutan sebagai reservoir (rayap) jangan dihabiskan. Luas sisa hutan perlu dimaksimalkan dan perlu difasilitasi kesinambungannya dengan berbagai tataguna lahan yang ada di sekitar kawasan hutan tersebut. Bila sebagian hutan harus ditebang, maka perlu dilakukan tebang pilih. Setelah penebangan, sebagian kayu gelondongan perlu ditinggalkan *in situ*. Pembakaran kayu dan serasah perlu dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abe, T. 1979. Studies on the distribution and ecological roles of termites in a lowland rain forest of West Malaysia. II. Food and feeding habits of termites in Pasoh Forest Reserve. *Japan Journal of Ecology* 29: 121 – 135.
- Amir, S.E.I. 1987. Pengaruh serangan inger-inger (*Neotermes tectonae* Damm.) terhadap kualitas dan kuantitas kayu jati. Hlm. 665 – 670. Dalam: *Prosiding Kongres Entomologi II*. PEI, Jakarta.
- Bandeira, A.G. & Vasconcellos, A. 2002. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). *Sociobiology* 39: 429 – 439.
- Breznak, J.A. 1982. Intestinal microbia of termites and other xylophagous insects. *Annual Review of Microbiology* 36: 323 – 343.
- Borror, D.J., DeLong, D.M., & Triplehorn, C.A. 1980. *An Introduction to the Study of Insects*. 5th ed. Saunder College Publ., Philadelphia.
- Collins, N.M. 1980. The effect of logging on termite (Isoptera) diversity and decomposition processes in lowland dipterocarp forests. Pp. 113 – 121. In: *Tropical Ecology and Development*. Furtado, J.I. (ed.). International Society of Tropical Ecology, Kuala Lumpur.

- Collins, N.M. 1983. Termite populations and their role in litter removal in Malaysian rain forests. Pp. 311 – 325. In: *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*. Sutton, S.L., Whitmore, T.C. & Chadwick, A.C. (eds.) Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- Collins, N.M. 1989. Termites. Pp. 455 – 471 In: *Tropical Rain Forest Ecosystems*. Lieth, H. & Werger, M.J.A. (eds.) Elsevier, Amsterdam.
- Davies, R.G., Eggleton, P., Dibog, L., Lawton, J.H., Bignell, D.E., Brauman, A., Hartmann, C., Nunes, L., Holt, J., & Rouland, C. 1999. Successional response of a tropical forest termite assemblage to experimental habitat perturbation. *Journal of Applied Ecology* 36: 1 – 18.
- Eggleton, P., Homathevi, R., Jeeva, D., Jones, D.T., Davies, R.G., & Maryati, M. 1997. The species richness and composition of termites (Isoptera) in primary and regenerating lowland dipterocarp forest in Sabah, east Malaysia. *Ecotropica* 3: 119 – 128.
- Eggleton, P., Davies, R.G. & Bignell, D.E. 1998. Body size and energy use in termites (Isoptera): the responses of soil feeders and wood feeders differ in tropical forest assemblage. *Oikos* 81: 525 – 530.
- Eggleton, P., Bignell, D.E., Sands, W.A., Waite, B., Wood, T.G. & Lawton, J.H. 1995. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 11: 85-98.
- Emerson, A.E. 1955. Geographical origins and dispersion of termite genera. *Fieldiana Zoology* 37: 465 – 521.
- Emerson, A.E. & Krishna, K. 1975. The termite family Serritermitidae. *American Museum Novitates* 2570: 1 – 31.
- Gathorne-Hardy, F.J., Jones, D.T. & Mawdsley, N.A. 2000. The recolonization of the Krakatau islands by termites (Isoptera) and their biogeographical origins. *Biological Journal of the Linnean Society* 71: 251 – 267.
- Gillison, A.N., Jones, D.T., Susilo, F.X. & Bignell, D.E. 2003. Vegetation indicates diversity of soil macroinvertebrates: a case study with termites along a land-use intensification gradient in lowland Sumatra. *Organisms, Diversity & Evolution* 3: 111 – 126.
- Golley, F.B. 1983. Decomposition. Pp. 157 – 166. In: *Tropical Rain Forest Ecosystems*. Golley, F.B. (ed.) Ecosystems of the World, 14A. Elsevier, Amsterdam.

- Grasse, P.P. 1949. Ordre des Isopteres ou Termites. *Traite de Zoologie* 9: 408 – 544.
- Harris, W.V. 1971. *Termites, Their Recognition and Control*. Longman, London.
- Homathevi, R. 2003. Manual for Bornean termites (Isoptera). The course on tools for monitoring soil biodiversity in the ASEAN Region at Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu. 38 p.
- <http://www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm>). Diunduh tanggal 2 Januari 2007.
- http://www.learner.org/courses/biology/textbook/biodiv/biodiv_3.html. Diunduh tanggal 2 Januari 2007.
- Jones, D.T. & Eggleton, P. 2000. Sampling termite assemblage in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology* 37: 191 – 203.
- Jones, D.T., Susilo, F.X., Bignell, D.E., Hardiwinoto, S., Gillison, A.N. & Eggleton, P. 2003. Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland central Sumatra, Indonesia. *Journal of Applied Ecology* 40: 380 – 391.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. *Pests of Crops in Indonesia*. PT Ichtiar Baru-van Hoeve, Jakarta
- Maldague, M.E. 1964. Importance des Populations de Termites dans les Sols Equatoriaux. *The Transactions of the 8th International Congress of Soil Science, Bucharest* 3: 743 – 751.
- Matheson, R. 1948. *Entomology for Introductory Courses*. Comstock Publ., Ithaca.
- Prestwich, G.D. 1983. The chemical defenses of termites. *Scientific American*, August: 78 – 87.
- Ruelle, J.E. 1978. *Megaprotermes*, a new genus of the subfamily Macrotermitinae (Isoptera). *Journal of the Entomological Society of southern Africa* 41: 17 – 23.
- Sands, W.A. 1972. The soldierless termite of Africa (Isoptera: Termitidae). *Bulletin of the British Museum Natural History (Entomology)*, Supplement 4: 172 pp.
- Strickland, A.H. 1944. The arthropod fauna of some tropical soils. *Tropical Agriculture* 21: 107 – 114.

- Susilo, F.X. & Aini, F.K. 2005. Diversity and density of termites in a range of land use types in the Rigis Hill Area, Sumberjaya Lampung. *Jurnal Sains dan Teknologi* 11 (3): 129 – 136.
- Tarumingkeng, R.C. 2001. Biologi dan perilaku rayap. http://rudycr.com/biologi_dan_perilaku_rayap.htm. Diunduh tanggal 2 Januari 2007.
- Tho, Y.P. 1992. *Termites of Peninsular Malaysia*. Malayan Forest Records No. 36. Forest Research Institute Malaysia, Kepong. 224 p.
- van der Drift, J. 1963. A comparative study of the soil fauna in forests and cultivated land on sandy soils in Suriname. *Studies on the Fauna of Suriname and the other Guyanas* 6(9): 1 – 42.
- Wood, T.G. & Johnson, R.A. 1986. The biology, physiology, and ecology of termites. Pp. 1 – 68. In: *Economic Impact and Control of Social Insects*. Vinson, S.B. (ed.) Praeger, New York.
- Wood, T.G., Johnson, R.A., Bacchus, S., Shittu, M.O. & Anderson, J.M. 1982. Abundance and distribution of termites (Isoptera) in a riparian forest in the Southern Guinea savanna zone of Nigeria. *Biotropica* 14: 25 – 39.