

RESPON ADAPTIF KUMBANG LEMBING PEMAKAN DAUN *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE: EPILACHNINAE) DAN TUMBUHANINANGNYA TERHADAP MUSIM KEMARAU DIDERAH BERIKLIM TROPIS KERING PASURUAN DAN MALANG - JAWATIMUR
[Adaptive Responses of an Herbivorous Ladybird Beetle *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae: Epilachninae) and its Host Plants To Dry Season of Tropical Dry Climate of Pasuruan and Malang, East Java]

Sih Kahono

Laboratorium Entomologi, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI

ABSTRACT

Adaptive responses of an herbivorous ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Epilachninae) and the host plants to dry season were studied in Pasuruan and Malang, East Java. Nineteen species of host plants of the beetle have been recorded in Java, however only fifteen species are found as preferred host plants of the beetles in Pasuruan and Malang. During the season beetles tend to prefer the plants of *Datura metel*, *Brugmansia* spp., *Solanum melongena*, *S. torvum*, *S. pseudocapsicum*, and *S. nigrum* as their hosts and this might cause strong damage to the plants. It is obvious that the beetles tend to move to the humid places to find more suitable food. It is also found that during the days of drought, the beetles feed on eggplant fruits by tunnelling into the flesh of the fruits. Some of the beetles ovaries would not develop in the drought and a part of them might enter the diapause stage. Other responses of the beetles to drought will be discussed in the paper.

Kata Kunci: *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius), iklim tropis kering, musim kemarau, respon adaptif.

PENDAHULUAN

Iklim merupakan salah satu substrat penting bagi kehidupan. Iklim secara langsung dapat berpengaruh pada *survival*, perkembangan, reproduksi, kelimpahan, serta pada filogeni tumbuhan dan musuh alami (Cammell and Knight, 1992; Sarmiento, 1986). Iklim tropis pada umumnya merupakan lingkungan kaya yang mendukung kehidupan, namun musim kemarau seperti musim salju di daerah *temperate*, menjadi faktor pembatas atau stres bagi kehidupan (Bazzaz, 1998; Cammell and Knight, 1992; Karban and Baldwin, 1997; Parsons, 1996). Respon adaptif dilakukan oleh kehidupan yang mampu melakukan dalam bentuk adaptasi biologis dan ekologis. Penelitian oleh Inoue *et al.* (1993) mengungkapkan bahwa rendahnya angka oviposisi dan perpanjangan *life-span* sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Penelitian respon adaptif kumbang lembing pemakan daun subfamily Epilachninae terhadap pengaruh musim telah dilakukan di negara *temperate* Jepang (Hirano, 1985; Ohgushi and Sawada, 1984). Informasi awal tentang kumbang lembing pemakan

daun di Indonesia telah dilaporkan Kalshoven (1981) dan penelitian dinamika populasinya telah dilaporkan sejak 1985 di dataran rendah (Abbas, 1985; Inoue *et al.*, 1993; Nakamura, 1988; Nakamura *et al.*, 1990; Pujiastuti *dkk.*, 1999; Kahono, 1996; 1999; Hassan, 2006). Curah hujan dan musuh alam telah menjadi faktor utama terhadap fluktuasi populasinya namun belum ada pembahasan khusus tentang adanya respon adaptif kumbang lembing terhadap musim.

Untuk melihat respon adaptif kumbang pemakan daun *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) (setelah ini disingkat: kumbang *Hv*) dan inangnya terhadap musim kemarau di daerah beriklim tropis kering, maka dipilih Kabupaten Pasuruan dan Malang sebagai tempat penelitian. Daerah ini memiliki iklim tropis kering yang panjang atau cenderung *monsoon*, di mana curah hujan bulanan dan tahunannya rendah dan perbedaan curah hujan antar musimnya sangat besar (Smith, 1986; Nakamura *et al.*, 1994; Kahono, 1996). Pada daerah beriklim kering yang kuat biasanya juga mempunyai musim kemarau yang panjang sehingga akan berdampak kepada bio-ekologi suatu kehidupan.

Kumbang *Hv* dipilih sebagai obyek penelitian karena mudah ditandai, geraknya lamban, hidup pada jenis tumbuhan inang tertentu dan tetap tinggal pada tumbuhan inangnya, kecuali bila diganggu atau terjadi perubahan besar pada lingkungannya. Penelitian difokuskan pada pengumpulan informasi biologi dan ekologi tertentu kumbang *Hv* dan tumbuhan inangnya yang dianggap sebagai respon adaptif terhadap musim kemarau misalnya keanekaragaman dan kecenderungan memilih jenis tumbuhan inang, perilaku tertentu, kondisi ovarium, mortalitas stadia muda (telur dan pupa) dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aspek-aspek bio-ekologi tertentu kumbang *Hv* sebagai bentuk respon adaptif terhadap kondisi musim kemarau di daerah beriklim tropis kering di Pasuruan dan Malang, Jawa Timur.

BAHAN DAN CARA KERJA

Lokasi dan Iklim

Penelitian ini dilakukan di daerah beriklim tropis kering di kabupaten Pasuruan dan Malang (Jawa Timur). Suhu di daerah tersebut relatif konstan sepanjang tahun dan rentang suhu terlebar hanya terjadi antara siang dan malam (Kahono, 1996). Indikator terpenting yang dapat dipakai untuk mengukur karakter iklim di daerah tropis adalah akumulasi curah hujan (Whitmore, 1984). Perbedaan curah hujan bulanan antara musim hujan dan kemarau di daerah ini sangat jelas. Curah hujan bulanan di bawah 100 mm sebagai indikator terhadap musim kemarau dan bulan tidak ada hujan sering terjadi pada bulan Mei - Nopember (lihat Kahono, 1996). Curah hujan tahunan biasanya lebih rendah dari 2000 mm dan bulan keringnya berlangsung selama 4-6 bulan per tahunnya (Nakamura *et al.*, 1994; Kahono, 1996).

Inang

Pengamatan intensif terhadap keanekaragaman tumbuhan inang dilakukan untuk memastikan pemilihan kumbang *Hv* terhadap jenis tumbuhan inangnya di lingkungan alam beriklim tropis kering di Pasuruan dan Malang, Jawa Timur. Pengamatan pengaruh musim kemarau terhadap mortalitas tumbuhan inang dilakukan selama 3 tahun berturut-turut (1994-1996) pada individu inang yang sama.

Untuk melihat efek kerusakan yang ditimbulkan oleh kumbang *Hv* pada daun pada musim yang berbeda, maka dipilih sebanyak 6 jenis tumbuhan inang yang tumbuh subur (Tabel 1), kemudian dihitung jumlah daun yang rusak yang diakibatkan oleh kumbang *Hv* pada kedua musim secara berturut-turut. Untuk menghindari terjadinya pengulangan pengamatan maka hanya daun-daun muda saja yang diamati. Tidak dihitung besarnya populasi kumbang *Hv* pada saat pengamatan kerusakan daun dilakukan.

Untuk melihat pengaruh musim kemarau terhadap eksistensi kumbang *Hv* pada inangnya maka pada akhir musim hujan sebelumnya ditandai sebanyak 65 individu *Solarium torvum* yang dihuni kumbang *Hv* (20 individu tumbuh di tanah lembab/pinggir sumber air dan 45 individu di tanah kering). Pada akhir musim kemarau berikutnya, diamati kembali keberadaan kumbang *Hv* pada setiap individu inang yang sama.

Kumbang *Hv* sebagai hama minor pada tanaman pertanian (Kalshoven, 1981), namun dari penelitian pendahuluan pada tanaman terung (*Solarium melongena*) menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan buah pada musim hujan, sebaliknya pada musim kemarau kerusakannya sangat signifikan. Untuk memastikan besarnya kerusakan buah yang ditimbulkan oleh kumbang *Hv* pada musim kemarau, maka pada akhir musim kemarau Oktober 1995 diamati sebanyak 250 buah terung pada suatu perkebunan yang tidak dilakukan aplikasi pestisida di Kecamatan Singosari, Pasuruan.

Kumbang *Hv*

Perilaku kumbang *Hv* telah dikemukakan sedikit oleh Kalshoven (1981), namun tidak dikemukakan perilaku khusus berkaitan dengan perubahan musim. Dari pengamatan pendahuluan terhadap perilaku kumbang //v, terlihat adanya kecenderungan pengaruh perubahan lingkungan terhadap perilaku khusus misalnya cara makan, istirahat, aktifitas terbang, respon terhadap gangguan dan sebagainya. Pengamatan perilaku dilakukan untuk melihat adanya perbedaan atau perubahan perilaku kumbang *Hv* pada musim yang berbeda.

Untuk mengetahui adanya pengaruh musim kemarau terhadap kondisi reproduksi kumbang *Hv*

betina maka dilakukan pengumpulan sebanyak 68 ekor kumbang *Hv* betina yang sudah cukup umur (elitra keras dan warna tegas) pada akhir musim kemarau, kemudian dilakukan pembedahan untuk melihat kondisi reproduksinya (ovarium berkembang atau tidak).

Untuk melihat pengaruh musim pada *survivorships* (telur menetas dan pupa menetas) dan mortalitas stadia muda (telur dan pupa) kumbang *Hv* maka dilakukan pengamatan pada musim yang berbeda. Mortalitas telur dan pupa dihitung dengan memberi label pada setiap *eggmass* (kumpulan telur) dan pupa di lapangan. Telur dan pupa yang terparasitoid dan mati dicek kembali dan dihitung jumlahnya di laboratorium.

HASIL

Keanekaragaman, Lingkungan Pendukung, dan Mortalitas Tumbuhan Inang

Tercatat sebanyak 15 jenis tumbuhan dimakan oleh kumbang *Hv* di daerah kering Pasuruan dan Malang, yaitu kecubung (*Datura metel*), bunga terompet (*Brugmansia Candida* dan *B. suaveolens*), terung (*Solanum melongena*), pokak (*S. torvum*), leuncak (*S. nigrum*), *S. capsicoides*, *S. erianthum*, *S. mammosum*, *S. tuberosum*, *S. americanum*, *S. pseudocapsicum*, *Lycopersicon esculentum*, *Physalis perviana* dan *Centrosema pubescens*.

Pengamatan terhadap 65 individu *S. torvum* yang dihuni oleh kumbang *Hv* sejak akhir musim hujan sampai akhir musim kemarau berikutnya, menunjukkan dari 23 individu (35,4%) inang yang masih dihuni oleh kumbang *Hv*, yang mana 16 diantaranya hidup di tanah lembab dan 7 di tanah biasa. Sebanyak 42 individu

inang (64,6%) tidak dihuni lagi oleh kumbang *Hv*, yang mana 4 individu hidup di tanah lembab dan 38 di tanah kering. Mortalitas inang cukup tinggi pada musim kering, yaitu 25 individu (38,5%) mati, yang mana 1 individu hidup di tanah lembab dan 24 di tanah kering.

Kerusakan dan Pemilihan Inang

Pada umumnya kumbang *Hv* memakan bagian daun dan bunga, namun pada musim kemarau juga ditemukan memakan buah terung (*S. melongena*). Dari pengamatan terhadap 250 buah terung muda pada akhir musim kemarau menunjukkan bahwa 75,2% (n=188) buah rusak, 44% (n=83) buah diantaranya rusak berat sehingga tidak bisa dijual atau dikonsumsi.

Pada musim kemarau kumbang *Hv* lebih sering dijumpai pada tumbuhan inang jenis *D. metel*, *Brugmansia* sp., *S. melongena*, *S. torvum*, *S. pseudocapsicum*, dan *S. nigrum*. Jumlah daun yang dirusak oleh kumbang *Hv* pada 6 jenis tumbuhan inang tersebut menunjukkan bahwa jumlah daun yang rusak lebih banyak terjadi pada musim kemarau daripada musim hujan (Tabel 1).

Perilaku dan Mortalitas Kumbang *Hv*

Tidak ada perbedaan perilaku kumbang *Hv* pada musim kemarau dan hujan misalnya: makan dari permukaan bawah daun dan/ atau bagian dari bunga, berlindung di permukaan bawah daun di siang hari, berlindung dari guyuran hujan di permukaan bawah daun, ranting, dan tangkai daun, dan pada hari cerah kumbang dewasa bertengger atau melakukan aktifitas kawin di atas permukaan daun pada pagi dan sore hari. Pada musim kemarau perilaku terbang orientasi mencari inang baru lebih sering dilakukan. Kumbang *Hv* menjadi lebih sensitif yang ditunjukkan dengan

Tabel 1. Pengamatan terhadap kerusakan daun oleh kumbang *Ev* pada beberapa jenis tumbuhan inang pada musim hujan dan kemarau di Pasuruan pada tahun 1994-1996.

Nama inang	n/N (%)	
	Musim Hujan	Musim Kemarau
<i>S. melongena</i>	124/285 (43,5%)	194/240 (80,8%)
<i>D. metel</i>	18/62(29%)	41/56(73,2%)
<i>Brugmansia</i> sp.	99/184(50%)	114/149(76,5%)
<i>S. torvum</i>	101/236(42,6%)	192/220(87,2%)
<i>S. nigrum</i>	16/73(21,9%)	48/65 (73,8%)
<i>S. pseudocapsicum</i>	12/80(15%)	64/97 (66%)

Keterangan: n = jumlah daun rusak; N = jumlah daun yang diamati; % = persentase jumlah daun yang rusak

Tabel2. Mortalitas stadia muda (telur dan pupa) kumbang *Hv* yang dikoleksi pada dua musim yang berbeda di Pasuruan tahun 1995.

Kategori	Musim Kemarau	Musim Hujan
Jumlah telur yang diamati	1978	1333
Telur menetas	866 (43,8%)	678 (50,9%)
Telur terparasitoid	204 (10,3%)	97 (7,3%)
Telur mati	601 (30,4%)	255 (19,1%)
Telur hilang	307 (15,5%)	303 (22,7%)
Jumlah pupa yang diamati	41	40
Pupa jadi dewasa	21 (51,2%)	26 (65%)
Pupa terparasit	10 (24,4%)	3 (7,5%)

perilaku menjatuhkan diri menghindari dari pengganggu atau predator lebih cepat pada musim kemarau.

Pada musim kemarau kumbang *Hv* dewasa melakukan perilaku makan yang tidak lazim yaitu membuat lubang pada buah terung sampai kedalaman + 1,5 cm dan beberapa individu tinggal di dalam buah pada siang hari (sekitar pukul 14.00 WIB).

Mortalitas stadia muda (telur dan pupa) yang disebabkan oleh parasitoid dan kematian oleh penyebab lainnya, menunjukkan kecenderungan lebih tinggi pada musim kemarau. Sebaliknya, keberhasilan telur yang menetas, telur yang hilang dan kumbang dewasa lahir lebih tinggi terjadi pada musim hujan (Tabel 2).

Kondisi Ovarium

Pembedahan alat genitalia betina terhadap 68 ekor kumbang dewasa tua yang dikoleksi pada musim kemarau untuk melihat kondisi perkembangan ovariumnya, menunjukkan bahwa 49 ekor (72%) ovariumnya berkembang dan 19 ekor (28%) ovariumnya tidak berkembang.

PEMBAHASAN

Respon Inang terhadap Iklim dan Musim Kering

Sebanyak 19 jenis tumbuhan inang dari kumbang *Hv* telah ditemukan di daerah beriklim tropis basah Jawa Barat (Katakura *et al.*, 2001; Kahono, 1999). Walaupun distribusi seluruh jenisnya sampai ke daerah beriklim tropis kering di Pasuruan dan Malang, namun hanya 15 jenis (79%) yang tercatat sebagai inang kumbang *Hv*. Dalam uji laboratorium terhadap populasi kumbang *Hv* yang dikoleksi dari Pasuruan dan Malang menunjukkan bahwa kumbang *Hv* memakan seluruh

(19) jenis tumbuhan inang. Di daerah beriklim tropis kering, kumbang *Hv* melakukan seleksi terhadap jenis inangnya di alam, sehingga jenis tumbuhan inang pilihannya menurun jumlahnya. Sebagian besar jenis tumbuhan inang dari kumbang *Hv* adalah tumbuhan herba yang pada umumnya berumur 1-5 tahun dan mudah terpengaruh oleh perubahan iklim dan musim. Iklim kering dan musim kemarau dapat menyebabkan perubahan dan penurunan kualitas tumbuhan (Cammell and Knight, 1992; Eisner and Meinwald, 1995; Parsons, 1996; White, 1995).

Jumlah individu *S. torvum* yang masih dihuni oleh kumbang *Hv* jumlahnya sedikit (35,4%) karena mortalitasnya tinggi pada musim kemarau tinggi yaitu sebanyak 25 individu (38,5%) (satu individu hidup di tanah lembab dan 24 individu di tanah kering) ditemukan mati yang disebabkan oleh penuaan atau pengaruh musim kemarau. Faktor-faktor fisik, stres dan perubahan lingkungan memberikan pengaruh besar terhadap kehidupan (Parson, 1996). Sebanyak 20 individu (69,6%) inang *S. torvum* yang tetap dihuni kumbang *Hv* sampai akhir musim kemarau, hidup di lingkungan tanah yang lembab. Data ini menunjukkan bahwa musim kemarau dapat menyebabkan menurunnya kualitas inang terutama inang yang hidup di lingkungan tanah kering, sehingga kumbang *Hv* akan mencari jenis inang yang lebih baik kondisinya yaitu inang yang hidup di tanah lembab. Musim kemarau berpengaruh pada perubahan distribusi lokal kumbang *Hv*. Perubahan musim dapat mempengaruhi fenologi, distribusi dan kelimpahan tumbuhan inang (Cammell and Knight, 1992).

Perubahan Status dan Perilaku Makan

Kumbang *Hv* melakukan perubahan perilaku makan pada musim kering yaitu memakan buah terung (*S. melongena*). Buah terung menjadi pakan penting bagi kumbang *Hv* setelah banyak daunnya rusak dan mengalami penurunan kualitas. Pada musim kemarau, kumbang *Hv* memperluas macam pakannya dan status kumbang berubah menjadi hama yang sangat merugikan petani. Perubahan musim dapat merubah status dari serangga tertentu (Cammell and Knight, 1992).

Pada musim kemarau, populasi kumbang *Hv* lebih banyak terkonsentrasi pada jenis inang yang kondisinya lebih baik, yaitu terung (*S. melongena*), kecubung (*D. metel*), bunga terompet (*Brugmansia* spp.), pokak (*S. torvum*), leuncak (*S. nigrum*), dan *S. pseudocapsicum*, yang menyebabkan kerusakan daun pada jenis-jenis tersebut lebih tinggi pada musim kemarau (Tabel 1). Pada musim kemarau kumbang *Hv* lebih memilih inang yang kondisi fisik daunnya lebih lunak atau berair. Menurut Coley (1982), serangga menyukai daun yang tidak keras, kurang berserat, konsentrasi *tannins* rendah, dan kandungan nitrogen dan air tinggi.

Perilaku kumbang *Hv* melubangi dan masuk ke dalam buah terung dilakukan hanya pada musim kemarau, saat suhu udara pada siang hari yang panas, sehingga kumbang *Hv* tinggal di dalam buah yang lebih dingin dan lembab. Perilaku kumbang ini dijumpai juga pada musim kemarau di daerah kering Wonogiri (Jawa Tengah).

Respon Reproduksi

Dari pengamatan ovarium kumbang *Hv* menunjukkan sebanyak 19 individu (28%) ovariumnya tidak berkembang. Pengecekan terhadap tiga (3) ekor di antaranya adalah kumbang *Hv* yang dikoleksi dari tumbuhan lain yang bukan inangnya pada musim kemarau yang panjang. Data ini menunjukkan bahwa musim kemarau telah merubah strategi reproduksi kumbang *Hv* bahkan dalam kondisi hilangnya tumbuhan inang, maka beberapa individu terindikasi telah memasuki periode *diapause*. Data ini berbeda dengan apa yang sudah dikemukakan oleh Kahono *et al.* (2001) berdasarkan sampel yang dikumpulkan di Bogor dan sekitarnya yang menunjukkan bahwa

kumbang *Hv* melakukan reproduksi sepanjang tahun.

Mortalitas Kumbang *Hv*

Walaupun ada beberapa penelitian yang mengaitkan antara fluktuasi populasi kumbang *Hv* dengan curah hujan dan musuh alami (Abbas, 1985; Kahono, 1996,1999; Hassan, 2006), namun tidak cukup pembahasan tentang reproduksi, survival dan mortalitas yang berkaitan dengan musim. Persentase telur dari kumbang *Hv* menetas dan pupa menjadi dewasa di Pasuruan dan Malang lebih rendah pada musim kemarau, menunjukkan bahwa musim kering sebagai lingkungan yang kurang mendukung terbentuknya fase kehidupan baru, sebaliknya mortalitas telur (terparasit dan mati) dan mortalitas pupa lebih banyak pada musim kemarau daripada musim hujan (Tabel 2). Telur yang hilang cukup banyak pada kedua musim, namun tidak diketahui secara pasti penyebabnya sehingga sulit mendiskusikan keterkaitannya dengan musim. Kondisi mortalitas telur dan pupa yang tinggi di musim kemarau yang diselingi oleh keberhasilan telur dan pupa menjadi dewasa pada musim hujan diduga menjadi faktor kunci terhadap perubahan populasinya di alam.

KESIMPULAN

Kumbang *Hv* melakukan respon adaptif dalam kondisi iklim tropis kering di daerah Pasuruan dan Malang, Jawa Timur, dengan menurunnya jumlah jenis tumbuhan inang yang dipilih di alam.

Pada musim kemarau, kumbang *Hv* lebih memilih tumbuhan inang yang hidup pada kondisi lingkungan tanah lembab, memilih jenis-jenis inang yang mempunyai kondisi daun yang lunak atau berair, melakukan ekspansi makan pada bagian buah terung sehingga kumbang *Hv* statusnya berubah menjadi hama dan kumbang betina menurun kemampuan reproduksinya dan (beberapa individu) memasuki fase *diapause*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir. Soejono, Drs. Adi Suprpto dan staf Kebun Raya Purwodadi-LIPI atas bantuan yang dilakukan selama di lapangan. Anggota penelitian kerjasama Pusat Penelitian Biologi-LIPI dan Hokkaido University atas

kerjasamanya selama ini. Prof. Haruo Katakura (Graduate School of Science, Hokkaido University) dan Prof. Koji Nakamura (Laboratory of Ecology, Kanazawa University) atas diskusi dan beberapa fasilitas yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas I.** 1985. Studies on the Phytophagous Lady Beetles (Epilachninae) of the Province of Sumatera Barat, Indonesia, with Special Reference to the Population Dynamics Under a Humid-equatorial Climate. *Dissertation*. Kanazawa University.
- Bazzaz FA.** 1998. *Plants in Changing Environments - Linking Physiological, Population, and Community Ecology*. Cambridge University.
- Cammell ME and JD Knight.** 1992. Effect of climate change on the population dynamic of crop pests. *Advances in Ecological Research* **22**, 117–162. Academic.
- Coley PD.** 1982. *The Ecology of a Tropical Forest Seasonal Rhythms and Long-term Changes*, 123–132.
- Eisner T and J Meinwald (Eds.).** 1995. *Chemical Ecology - The Chemistry of Biotic Interaction*. National Academy.
- Hassan N.** 2006. Population Dynamic of *Epilachna vigintioctopunctata* on Highland area of Sumatra, Indonesia. *Dissertation*. Kanazawa University.
- Hirano K.** 1985. Population dynamics of phytophagous ladybeetle, *Henosepilachna vigintioctopunctata* (Fabricius), living in spatio-temporally heterogeneous habitats. I. Estimation of adult population parameters based on a capture-recapture census. *Res. Popul. Ecol.* **11**, 159-170.
- Inoue T, K Nakamura, S Salmah and I Abbas.** 1993. Population dynamics of animals in unpredictably-changing tropical environments. *J. Biosci.* **18** (4), 425-455.
- Kahono S.** 1996. Population Dynamics of the Phytophagous Lady Beetle *Epilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) Under a Seasonal Rainfall Condition in East Java, Indonesia. *Master Thesis*. Kanazawa University.
- Kahono S.** 1999. Ecological Study of Phytophagous Lady Beetle (Coccinellidae: Epilachninae) in Java Indonesia with Special Reference to Population Dynamics. *Dissertation*. Kanazawa University.
- Kahono S, M Tokugawa, MT Kimura, K Nakamura and H Katakura.** 2001. Diapause and tolerance to extreme temperatures in tropical, subtropical and temperate populations of the ladybird beetle *Epilachna vigintioctopunctata*. *Tropics* **10** (3), 363-368.
- Kalshoven LGE.** 1981. *Pest of crops in Indonesia*. (PA van der Laan, rev. and transl.). PT Ichtar Baru-Van Hoeve, Jakarta.
- Karban R and IT Baldwin.** 1997. *Induced Responses to Herbivory*. The University of Chicago. Chicago and London.
- Katakura H, S Nakano, S Kahono, I Abbas and K Nakamura.** 2001. Epilachnine ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae) of Sumatra and Java. *Tropics* **10** (3), 325-352.
- Nakamura K, I Abbas and A Hasyim.** 1988. Population dynamics of phytophagous lady beetle, *Epilachna vigintioctopunctata*, in eggplant field in Sumatra. *Res. Popul. Ecol.* **30**, 25-41.
- Nakamura K, I Abbas and A Hasyim.** 1990. Seasonal fluctuations of the lady beetle, *Epilachna vigintioctopunctata* (Coccinellidae: Epilachninae) in Sumatra and comparisons to other tropical insect population cycles. In: R Ohgushi, SF Sakagami and DW Roubik (Eds.) *Natural History of Social Wasps and Bees in Equatorial Sumatra*, 13-29. Hokkaido University, Sapporo.
- Nakamura K, WA Noerdjito and A Hasyim.** 1994. Regional difference and seasonality of rainfall in Java, with special reference to Bogor (field notes). *Tropics* **4** (1), 93-103.
- Ohgushi T and H Sawada.** 1984. Inter-population variation of life history characteristics and its significance on survival process of an herbivorous lady beetle, *Henosepilachna niponica* (Lewis) (Coleoptera: Coccinellidae). *Kontyu* **52**, 399-406.
- Parsons PA.** 1996. Stress, resources, energy balances, and evolutionary change. In: MK Hecht, RJ Macintyre and MT Clegg (Eds.). *Evolutionary Biology* **29**, 39-72.
- Pujiastuti LE, S Kahono and K Nakamura.** 1999. Study on the spot pattern and the population dynamics of

a herbivorous ladybird beetle *Epilachna vigintioctopunctata* (Fabricius) (Coccinellidae: Epilachninae) in Bogor Botanic Garden. *Bui. Kebun Raya Indonesia* 9(1), 35-43.

Sarmiento G 1986. Ecological features of climate in high tropical mountains. In: F Vuileumier and M Monasterio (Eds) *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University and The American Museum and Natural History.

Smith JMB. 1986. Origins and history of the Malesian

high mountain flora, in: F Vuileumier and M Monasterio (Eds) *High Altitude Tropical Biogeography*. Oxford University and The American Museum and Natural History.

White DC. 1995. Chemical ecology: possible linkage between macro- and microhabitat ecology. *Oikos* 74, 177-184.

Whitmore TC. 1984. *Tropical Rain Forests of the Far East*. 2nd ed. Clarendon. Oxford, UK.