

PENGARUH PERUBAHAN IKLIM GLOBAL TERHADAP PERTUMBUHAN HAMA TANAMAN PADI DAN MUSUH ALAMINYA

I Nyoman Widiarta

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

ABSTRACT

Effect of the Global Climate Change to the Rice Pest and Their Natural Enemies in Indonesia. Increasing in the air temperature of globe is being realized and recognized as an effect of the climate change. Insects and their natural enemies development are influenced by air temperature. Insect growth when air temperature is at above the temperature development threshold (T_o) and the increasing rate of development depend on the so called effective temperature. Effective temperature (K) is a mean of the daily temperature subtracted by T_o . Insect development in one generation can be expressed by commulative effective temperature. In this paper the T_o and the K of rice pests and their natural enemies were reviewed and the number of their generation as affected by increasing temperature 2°C were calculated. The development threshold (T_o) for rice insect pests ranged from $8.8\text{--}15.3^\circ\text{C}$, while T_o for their natural enemies ranged from $10.6\text{--}15.6^\circ\text{C}$. The accumulative effective temperature (K) for one generation of insect pest ranged from 252.4-830 days-degrees, while for their natural enemies ranged from 172.6-263.3 days-degrees. Number of generations of the rice insect pests in a year were 8-22 generations at present air temperature, while for their natural enemies were 20-34 generations. Assuming that 2°C of increasing in the air temperature was an effect of global warming, number generations of insect pests will increase as much as 1-3 generations annually, while for their natural enemies were 2-4 generations annually. Leaf and planthopper are vectors of the rice tungro virus and stunt diseases, respectively. The number of vector generation will increase as much as 1-3 generations annually, therefore the occurrences infection of the virus diseases vectored by the leaf and the planthopper are expected to increase as well.

Key words: *Temperature development threshold, commulative effective temperature, global warming, insect development.*

ABSTRAK

Meningkatnya suhu atmosfer bumi telah dirasakan dan diakui terjadi sebagai dampak dari perubahan iklim global. Pertumbuhan serangga hama maupun musuh alami dipengaruhi oleh suhu udara. Serangga akan tumbuh apabila suhu udara di sekitarnya melebihi ambang suhu pertumbuhan (T_o) tertentu dan kecepatan pertumbuhannya dipengaruhi oleh suhu efektif sebagai selisih antara suhu harian dan T_o . Masa pertumbuhan serangga untuk satu generasi dapat dihitung sebagai akumulatif suhu efektif (K). Tulisan ini membahas T_o dan K hama padi dan musuh alaminya, kemudian menghitung jumlah generasi dengan rata-rata suhu harian pada tahun 2007 di Sukamandi, Jawa Barat dan mengestimasi perubahan pertumbuhannya apabila rata-rata suhu udara meningkat 2°C . Ambang T_o untuk hama padi berkisar antara $8,8-15,3^{\circ}\text{C}$. Ambang T_o untuk musuh alami hama padi berkisar antara $10,6-15,6^{\circ}\text{C}$. Akumulatif suhu efektif K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan satu generasi pada hama padi berkisar antara 252,4-830 derajat-hari. Akumulatif suhu efektif K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan satu generasi pada musuh alami hama padi berkisar antara 172,6-263,3 derajat-hari. Pada suhu saat ini jumlah generasi hama padi berkisar antara 8-22 generasi dalam satu tahun, sedangkan untuk musuh alami hama padi antara 20-34 generasi. Dengan peningkatan suhu 2°C , akan terjadi penambahan jumlah generasi hama padi antara 1-3 generasi per tahun, sedangkan untuk musuh alami hama padi antara 2-4 generasi per tahun. Wereng sebagai vektor penyakit virus seperti penyakit tungro, kerdil hampa dan kerdil rumput, akan meningkat jumlah generasinya 1-3 generasi per tahun dengan meningkatnya suhu udara, yang diperkirakan akan meningkatkan ancaman penyakit virus pada tanaman padi.

Kata kunci: Ambang suhu, akumulasi suhu efektif, pemanasan global, pertumbuhan serangga.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global semakin dirasakan dampaknya oleh masyarakat dunia. Perubahan iklim global terjadi sebagai akibat dari pemanasan global (*global warming*) yang disebabkan oleh pengaruh peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) akibat beberapa aktivitas manusia yang semakin meningkat (IPPC 2007).

Peningkatan suhu udara mempengaruhi upaya peningkatan produksi padi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung peningkatan suhu udara terutama pada malam hari mengurangi laju akumulasi fotosintat tanaman C-3. Secara tidak langsung melalui dampak dari perubahan iklim yang menyebabkan bencana banjir, kekeringan, intrusi air laut (air salin), dan meningkatnya ancaman hama dan penyakit.

Pertumbuhan serangga dipengaruhi oleh suhu udara. Dengan meningkatnya suhu udara pertumbuhan serangga akan dipercepat dan apabila digabung dengan kemampuan reproduktif yang tinggi jumlah generasi dan kepadatan populasi akan meningkat. Peningkatan populasi serangga di alam salah satunya secara alamiah dipengaruhi oleh musuh alami. Sebagai dampak dari meningkatnya suhu udara juga mempengaruhi pertumbuhan musuh alami, sehingga akan terjadi keseimbangan baru.

Wereng disamping merusak secara langsung dengan mengisap cairan tanaman juga merupakan serangga vektor penular penyakit yang disebabkan oleh virus (vektor). Wereng hijau dan wereng loreng adalah vektor penyakit tungro. Wereng cokelat dapat menularkan penyakit kerdil hampa dan kerdil rumput. Kecepatan penularan penyakit dipengaruhi oleh kepadatan vektor dan proporsi vektor terinfeksi virus (penular aktif). Apabila keseimbangan baru yang mengatur populasi vektor mengarah kepada peningkatan populasi, dampaknya akan meningkatkan kecepatan penularan penyakit virus pada tanaman padi.

Dalam upaya menghadapi perubahan iklim global diperlukan teknologi mitigasi untuk menahan laju perubahan iklim dan teknologi adaptasi untuk meminimalkan dampak perubahan iklim. Pengetahuan dampak pemanasan global terhadap perkembangan hama dan penyakit akan menghasilkan teknologi adaptasi untuk mengurangi kehilangan hasil yang ditimbulkannya. Pada tulisan ini ditelaah pengaruh faktor peningkatan suhu udara terhadap pertumbuhan serangga dan musuh alaminya pada tanaman padi, disamping juga dibahas mengenai hubungan mangsa dengan pemangsa serta penyakit tanaman padi yang ditularkan oleh serangga hama padi.

PERTUMBUHAN ARTHROPODA

Pertumbuhan serangga dipengaruhi oleh suhu udara. Hubungan antara suhu udara dan pertumbuhan serangga dinyatakan dengan rumus berikut (Kiritani 1997):

$$D (t-T_o) = K$$

Pada rumus tersebut:

- D : jumlah hari dengan suhu diatas ambang suhu pertumbuhan T_o
- t : rata-rata suhu harian
- T_o : Ambang suhu pertumbuhan
- K : Akumulatif suhu diatas T_o

Variabel pertumbuhan T_o dan K untuk hama padi dan musuh alaminya telah banyak diteliti seperti tercantum pada Tabel 1.

Hama tanaman padi begitu pula musuh alaminya akan tumbuh, apabila rata-rata suhu udara di atas suhu To, sedangkan di bawah suhu To pertumbuhan akan berhenti. Ambang suhu untuk pertumbuhan hama tanaman padi bervariasi antara 8,8–15,7°C.

Ambang suhu hama tanaman padi paling rendah 8°C pada *Sesamia inferens* dan paling tinggi 15,7°C pada *N. nigropictus*. Ambang To untuk musuh alami hama padi berkisar antara 10,6-15,6°C. Ambang To paling rendah dimiliki *Coccinella semtempunctata* (10,6°C) dan yang tertinggi pada *Microvelia douglasi* (15,7°C).

Ambang akumulatif suhu efektif yang dibutuhkan oleh serangga dalam satu generasi dari telur sampai menghasilkan telur (K) bervariasi. Akumulatif suhu efektif K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan satu generasi pada hama padi berkisar antara 252,4-830. Akumulatif suhu efektif paling sedikit dimiliki *Sogatella furcifera* (252,4), sedangkan yang paling banyak pada *Sesamia inferens* (830). Akumulatif suhu efektif K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan satu generasi pada musuh hama padi berkisar antara 172,6-263,3. Akumulatif suhu efektif paling sedikit dimiliki *Anagrus incarnatus* (172,8), sedangkan yang paling banyak pada *Coccinella semtempunctata* (263,3).

PENGARUH PEMANASAN GLOBAL

Suhu udara maksimum, rata-rata dan minimum bulanan pada MT-1 bulan Maret–Juli 2007 dan MT-2 dari bulan Agustus–Desember 2007 berfluktuasi

Tabel 1. Nilai To (°C) dan K (derajat-hari) hama tanaman padi dan musuh alaminya

Jenis hama/musuh alami	To (°C)	K (derajat-hari)	Pustaka
Hama			
<i>Leptocorisa chinensis</i>	15,2	316,0	Nakazawa and Hayashi (1983)
<i>Nephotettix virescens</i>	13,9	480,8	Valle <i>et al.</i> (1986)
<i>N. nigropictus</i>	14,8	401,6	Valle <i>et al.</i> (1986)
<i>N. malayanus</i>	13,8	480,8	Valle <i>et al.</i> (1986)
<i>Nilaparvata lugens</i>	11,9	299,2	Noda (1989)
<i>Recilia dorsalis</i>	13,8	321,8	Matsumoto (1988)
<i>Sogatella furcifera</i>	11,9	252,4	Noda (1987)
<i>Chilo suppressalis</i>	10,1	367,5	Kamano (1973)
<i>Cnaphalocrosis medinalis</i>	11,2	497,3	Chang and Wu (1988)
<i>Scirpophaga incertulas</i>	13,8	466,3	Zhang (1992)
<i>Sesamia inferens</i>	8,8	830,0	Fujiyoshi <i>et al.</i> (1984)
<i>Spodoptera litura</i>	10,3	526,3	Miyashita (1971)
<i>S. exigua</i>	14,1	254,4	Takai (1988)
Musuh alami			
<i>Coccinella semtempunctata</i>	10,6	263,3	Kitamura <i>et al.</i> (1980)
<i>Microvelia douglasi</i>	15,7	200,0	Muraji and Nakasuji (1988)
<i>Anagrus incarnatus</i>	11,0	172,6	Chantarasa-Ard <i>et al.</i> (1984)

Keterangan: To (ambang suhu pertumbuhan); K (Akumulatif suhu di atas To).

sampai 2°C (Gambar 1). Suhu maksimum pada MT-1 berfluktuasi dari 31–33°C, sedangkan pada MT-2 sedikit lebih tinggi dari 32–33°C. Suhu rata-rata pada MT-1 berfluktuasi dari 26–28°C, pada MT-2 hampir sama dengan MT-1. Suhu udara minimum pada MT-1 berfluktuasi dari 22–24°C, pada MT-2 sedikit lebih rendah yaitu berfluktuasi dari 21–24°C.

Rata-rata suhu harian dari bulan Januari sampai dengan Desember di Sukamandi pada tahun 2007 berfluktuasi 0,5–1°C (Tabel 2). Rata-rata suhu paling rendah terjadi pada bulan Januari mencapai 26°C, dan tertinggi 27,5°C tercatat pada bulan April, Oktober, dan Desember. Suhu rata-rata bulanan seluruhnya berada diatas ambang To yang dibutuhkan oleh hama maupun musuh alami padi untuk tumbuh.

Menurut model iklim The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) memproyeksikan bahwa rata-rata suhu permukaan akan terus meningkat dengan rentang 1,1–6,4°C selama abad ke 21. Kiritani (1997) menggunakan peningkatan suhu 2°C untuk menghitung dampak peningkatan suhu terhadap perubahan jumlah generasi serangga, tungau, dan nematoda. Dengan mengikuti perkiraan peningkatan suhu 2°C, dilakukan penghitungan proyeksi jumlah generasi hama padi dan musuh alami pada suhu rata-rata tahun 2007 di Sukamandi, dan bila suhu meningkat 2°C, menggunakan rumus pertumbuhan serangga (Kiritani 1997). Pada Tabel 3. ditampilkan hasil perhitungan jumlah generasi hama padi dan musuh alaminya pada rata-rata suhu saat ini dan jumlah generasi apabila terjadi peningkatan suhu 2°C.

Pada kondisi rata-rata suhu saat ini jumlah generasi hama padi dan musuh alaminya berkisar antara 8–34 generasi dalam satu tahun. Dengan peningkatan suhu 2°C, akan terjadi penambahan jumlah generasi hama padi antara 1–4 generasi per tahun untuk hama padi dan musuh alaminya.

HUBUNGAN MANGSA DAN PEMANGSA

Wereng cokelat (*Nilaparvata lugens*), wereng punggung putih (*Sogatella furcifera*), wereng hijau (*Nephotettix virescens*, *N. nigropictus*, *N. malayanus*), wereng sigzag (*Recilia dorsalis*), penggerek batang (*Chilo suppressalis*, *Scirpophaga incertulas*, *Sesamia inferens*), hama putih palsu (*Cnaphalocrosis medinalis*), ulat grayak (*Spodoptera litura*, *S. exigua*), dan walang sangit (*Leptocorisa chinensis*) adalah hama utama padi di daerah tropis. Beberapa spesies hama tersebut penyebarannya meluas sampai daerah iklim empat musim misalnya *Nilaparvata lugens* dan *Sogatella furcifera*.

Coccinella semtempunctata dan *Microvelia douglasi* adalah predator wereng cokelat (Sawada *et al.* 1992; 1993), wereng punggung putih (Baehaki 1999), dan wereng hijau. *Coccinella semtempunctata* hidup pada tanaman padi sedangkan *M. douglasi* hidup di permukaan air. *Anagrus incarnatus* adalah parasitoid wereng cokelat (Chantarasa-Ard *et al.* 1984).

Tabel 2. Rata-rata suhu udara bulanan di KP Sukamandi tahun 2007

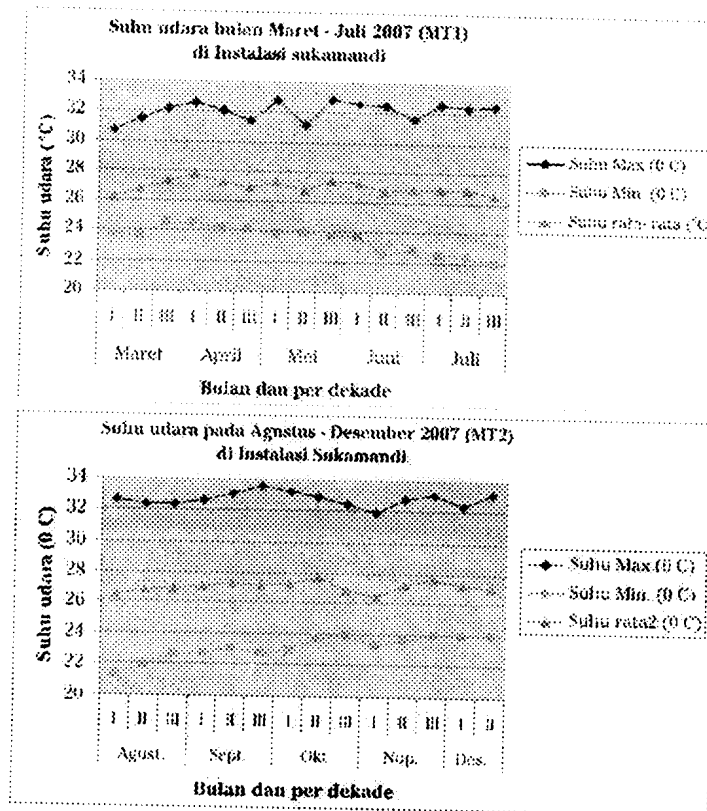
Bulan	Rata-rata suhu (°C)
Januari	26,0
Februari	26,0
Maret	26,5
April	27,5
Mei	27,0
Juni	27,0
Juli	27,0
Agustus	26,5
September	27,0
Oktober	27,5
November	27,0
Desember	27,5

Tabel 3. Perubahan pertumbuhan hama dan musuh alami akibat meningkatnya suhu 2°C

Jenis hama/musuh alami	To (°C)	K (derajat-hari)	Jumlah generasi pada suhu		Tambah generasi
			Saat ini	Meningkat 2°C	
Hama					
<i>Leptocorisa chinensis</i>	15,2	316,0	14	16	2
<i>Nephotettix virescens</i>	13,9	480,8	10	11	1
<i>N. nigropictus</i>	14,8	401,6	11	13	2
<i>N. malayanus</i>	13,8	480,8	10	11	1
<i>Nilaparvata lugens</i>	11,9	299,2	18	21	3
<i>Recilia dorsalis</i>	13,8	321,8	15	17	2
<i>Sogatella furcifera</i>	11,9	252,4	22	25	3
<i>Chilo suppressalis</i>	10,1	367,5	17	19	2
<i>Cnaphalocrosis medinalis</i>	11,2	497,3	12	13	1
<i>Scirpophaga incertulas</i>	13,8	466,3	10	12	2
<i>Sesamia inferens</i>	8,8	830,0	8	9	1
<i>Spodoptera litura</i>	10,3	526,3	12	13	1
<i>S. exigua</i>	14,1	254,4	18	21	3
Musuh alami					
<i>Coccinella semtempunctata</i>	10,6	263,3	23	25	2
<i>Microvelia douglasi</i>	15,7	200,0	20	24	4
<i>Anagrus incarnatus</i>	11,0	172,6	34	38	4

Keterangan: To (ambang suhu pertumbuhan); K (Akumulatif suhu di atas To).

Pada suhu saat ini jumlah generasi hama padi berkisar antara 8–22 generasi dalam satu tahun, sedangkan untuk musuh alami hama padi antara 20–34. Dengan peningkatan suhu 2°C, akan terjadi penambahan jumlah generasi hama padi antara 1–3 generasi per tahun, sedangkan untuk musuh alami hama



Gambar 1. Suhu udara maksimum, minimum, dan suhu rata-rata per dekade, selama pelaksanaan percobaan MT-1 dan MT-2, di kebun percobaan Sukamandi.

padi antara 2–4 generasi per tahun. Dilihat dari penambahan jumlah generasi dampak peningkatan suhu lebih menguntungkan musuh alami hama padi. Namun peningkatan peran musuh alami dipengaruhi oleh faktor lain selain penambahan jumlah generasi yaitu faktor kecepatan reproduksi alamiah (*intrinsic rate of increase*) yang pada umumnya lebih rendah pada musuh alami (Kiritani 1997). Hasil akhir dari perimbangan hama dan musuh alaminya dengan peningkatan suhu kemungkinan tidak nyata, disebabkan kecepatan reproduksi alamiah hama meningkat lebih tinggi dibandingkan dengan musuh alaminya mengimbangi peningkatan jumlah generasi.

HUBUNGAN PENYAKIT DAN VEKTOR

Wereng hijau, *N. virescens*, *N. nigropictus*, *N. Malayanus*, dan wereng sigzag *Recilia dorsalis* adalah vektor penyakit virus tungro (Hibino and Cabunagan 1986). Wereng cokelat adalah vektor penyakit virus seperti penyakit tungro, kerdil hampa dan kerdil rumput (Ou 1985). Suhu udara yang meningkat akan

meningkatkan jumlah generasi wereng hijau, wereng sigzag, dan wereng cokelat akan meningkat 1–3 generasi. Kecepatan reproduksi alamiah wereng cokelat maupun wereng hijau semakin meningkat dengan meningkatnya suhu (Kuno 1968; Valle *et al.* 1986). Peningkatan suhu udara akan meningkatkan jumlah generasi dan daya reproduksi yang akan meningkatkan kepadatan populasi vektor, sehingga diperkirakan aktivitas penularan penyakit akan semakin meningkat. Upaya peningkatan produksi padi dengan meningkatkan indeks pertanaman padi mencapai IP padi 400 pada era pemanasan global akan menghadapi salah satu tantangan yaitu peningkatan epidemi penyakit yang ditularkan oleh serangga.

Penyakit padi dengan gejala mirip tungro dilaporkan menyebar luas di Kabupaten Subang. Uji yodium yang dilakukan terhadap tanaman terinfeksi menunjukkan hasil positif, sehingga diketahui gejala penyakit tersebut disebabkan oleh infeksi virus, namun tidak bisa dibedakan apakah disebabkan oleh virus tungro, atau kerdil rumput. Dari hasil uji penularan dengan vektor wereng hijau atau wereng cokelat, diketahui bahwa penyakit tersebut ditularkan oleh wereng cokelat. Sementara ini penyakit tersebut diidentifikasi sebagai penyakit *grassy stunt* (GS) tipe II (Suzuki *et al.* 1988). Penyakit GS tipe II biasanya meluas setelah adanya peningkatan populasi wereng cokelat. Luas serangan penyakit GS tipe II dilaporkan meluas akhir-akhir ini (Suprihanto *et al.* 2007). Epidemiologi penyakit GS tipe II akhir-akhir ini masih perlu dipelajari lebih jauh khususnya hubungannya dengan peningkatan iklim global.

TEKNOLOGI PENGENDALIAN UNTUK ADAPTASI DAMPAK

Peningkatan suhu udara menyebabkan meningkatnya kecepatan pertumbuhan hama dan musuh alaminya. Kecepatan pertumbuhan hama berdampak pada peningkatan serangan. Komponen teknologi yang dapat mengurangi kecepatan pertumbuhan tanaman adalah perakitan varietas tahan utamanya yang bekerja sebagai antibiosis (Sogawa 1999). Eksplorasi dan identifikasi sumber-sumber ketahanan yang dapat memperlambat pertumbuhan serangga perlu ditingkatkan. Penularan virus oleh vektor dapat dihindari dengan mengembangkan pestisida atau antifidan nabati (Widiarta *et al.* 1997).

Beberapa jenis predator perkembangannya juga meningkat. Untuk menjaga momentum peningkatan pertumbuhan perlu dilakukan konservasi pada saat pengolahan tanah dan panen (Widiarta *et al.* 2001), di samping melakukan rotasi tanaman padi dengan palawija untuk memelihara keberlanjutan mangsa musuh alami (Baehaki *et al.* 2007).

KESIMPULAN

Perubahan iklim global dalam wujudnya sebagai peningkatan suhu udara akan berpengaruh pada hama padi dan musuh alaminya serta penyakit yang ditularkan dalam hal-hal berikut:

1. Jumlah generasi hama padi akan meningkat 1–3 generasi/tahun dan jumlah generasi musuh alaminya juga meningkat 2–4 generasi/tahun.
2. Kontrol musuh alami terhadap hama padi cenderung meningkat namun tidak signifikan.
3. Penularan penyakit virus yang ditularkan oleh wereng hijau, wereng sigzag maupun oleh wereng cokelat akan semakin meningkat.
4. Komponen teknologi yang perlu dikembangkan untuk adaptasi dampak pemanasan global adalah merakit varietas tahan yang bersifat antibiosis, konservasi musuh alami, integrasi tanaman padi dengan palawija, dan mengembangkan antifidan nabati.

DAFTAR PUSTAKA

- Baehaki, S.E., D. Djuniadi, dan A. Kartohardjono. 2007. Sistem integrasi tanaman padi dan palawija sebagai alternatif pengendalian hama secara terpadu. *Dalam: Hermanto (eds.). Risalah Seminar 2006 Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. p. 25–40.*
- Baehaki, S.E. 1999. Strategi pengendalian hama wereng cokelat. *Dalam: Daradjat A.A., Husin M. Toha, Baehaki S.E., dan S.J. Munarso (eds.). Prosiding Hasil Penelitian Teknologi Tepat Guna Menunjang Gema Palagung. Balitpa. p. 54–63.*
- Chang, S.S. and J.G. Wu. 1988. A Comparative study on geographical population of the rice leaf roller *Cnaphalocrosis medinalis* Guenee. *Acta Entomologica Sinica* 31: 259–267.
- Chantarasa-Ard, S., Y. Hirashima and T. Miura. 1984. Effect of temperature and food on the development and reproduction of *Anagrus incarnatus* Haliday (Hymenoptera: Myrmaridae), an egg parasitoid of the rice planthopper. *ESAKIA* 22: 145-158.
- Fujiyoshi, N., M. Yamanaka, and T. Takasaki. 1984. Effect of temperature on the development of the pink borer, *Sesamia inferens* Walker reared on artificial diet. *Proc. Assoc. Plant Prot.* 30: 82-85. Kyushu.
- Hibino, H. and R. C. Cabunagan. 1986. Rice tungro associated viruses and their relation to host plants and vector leafhopper. *Trop. Agr. Res. Ser.* 19: 173–182.

- International Panel on Climate Change (IPPC). 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. www.wikipedia.com.
- Kamano, S. 1973. Studies on artificial diet and laboratory rearing methods suitable for successive generations of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker. Bull. Natl. Inst. Agr. Sci. (Japan) Ser. C. 27: 1-57.
- Kiritani, K. 1997. The low development threshold temperature and thermal constant in insect mites and nematodes in Japan. Miscellaneous Publication of The National Institute of Agro-Environmental Sciences 21: 1-72.
- Kitamura, K., T. Miura and H. Tsutsusio. 1980. Effect of temperature on development velocity of *Harmonia axyridis* Pallas and *Coccinella septempunctata brukii* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). Proc. Chushikoku Branch, Jpn. Jour. Appl. Entomol. Zool. 22: 80-84.
- Matsumoto, E. 1988. Ecological studies on the zig-zag leafhopper, *Recilia dorsalis* Motschulsky. 1. Development, oviposition and seasonal prevalence in Kagawa Prefecture. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool., 32: 1-5.
- Miyashita, K. 1971. Effect of constant and alternating temperatures on the development of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Entomol. Zool., 6: 105-111.
- Muraji, M. and F. Nakasuji. 1988. Comparative studies on life history traits of three wing dimorphic water bug, *Microvelia* spp. Westwood (Heteroptera: Veliidae). Res. Popul. Ecol. 30: 315-327.
- Nakazawa, K. and H. Hayashi. 1983. Bionomic of the stink bugs and allied bugs causing the pecky rice. 1. Development and occurrence of diapausing females in *Eysarcoris ventralis* Westwood and *Cletus punctiger* (Dallas). Bull. Hiroshima Pref. Agric. Expt. Stn. 46: 21-32.
- Noda, H. 1989. Development zero and total effective temperature of three rice planthoppers (Homoptera: Delphacidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool., 33: 263-266.
- Noda, H. 1987. Bionomic of the white-backed rice planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) and its damage to rice plant and kernels. Bull. Shimane Agric. Expt. Stan. 22: 82-89.
- Ou, S.H. 1985. Rice diseases (2nd ed.). Com. Mycological Inst. Kew, England. 380 p.

- Sawada, H., S. W. G. Subroto, E. S. Wijaya, Mustaghfirin and. A. Kusmayadi. 1992. Population dynamics of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) in the Coastal Lowland of West Java, Indonesia. *Dalam: Wereng Cokelat*. Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. p. 291.
- Sawada, H., A. Kusmayadi, S. W. G. Subroto, E. Suwardiwijaya and Mustaghfirin. 1993. Comparative analysis of population characteristics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal, between wet and dry rice cropping season in west Java, Indonesia. *Res. Popul. Ecol.* 35: 113–137.
- Sogawa, K. 1999. Compound resistance mechanism to whitebacked planthopper in chinese japonica rice variety “Chenjiang 06”. *JIRCAS Newsletter* 18:4.
- Suzuki, Y., I N. Widiarta, I N. Raga, S. Nasu, and H. Hibino. 1988. Virulent strain of rice grassy stunt virus (GSV) identified in Indonesia. *IRRN* 13: 24–25.
- Takai, M. 1988. Studies on ecology and control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Fubner) (Lepidoptera: Noctuidae). 1. Oviposition, development, hostplant, seasonal prevalence and overwintering. *Bull. Kochi Inst. Agric. And Forest Sci.* 20: 1–6.
- Valle, R.R., F. Nakasuji and E. Kuno. 1986. Development under variour photoperiods and thermal unit requirements of four green leafhopper, *Nephotettix* spp. (Homoptera: Cicadellidae). *Appl. Entomol. Zool.* 21: 572-577.
- Widiarta, I N., D. Kusdianan, dan T. Suryana. 2001. Pengaruh perbedaan tingkat kebersihan pematang sawah sebagai refuji musuh alami terhadap perkembangan populasi wereng cokelat. *Jurnal Agrikultura* 12: 1–7.
- Widiarta, I. N., W. Hermawan, S. Oya, S. Nakajima & F. Nakasuji. 1997. Antifeedant activity of constituents of *Andrographis paniculata* (Acanthaceae) against the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Hemiptera: Cicadellidae). *Appl. Entomol. Zool.* 32: 561-566.
- Zhang, J. 1992. Influence of temperature on the development of *Scirpophaga incertulas* (Walker). *Entomol Kowl.*, 29: 265–268.