

PERUBAHAN IKLIM DAN PENGARUHNYA TERHADAP SERANGGA HAMA

Nilia Wardani

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung, Jl. ZA. Pagar Alam No. IA,
Bandar Lampung e-mail: wardaninila@yahoo.co.id , HP: 081369385579

ABSTRAK

Perubahan iklim secara biologis akan mempengaruhi semua kehidupan yang ada di bumi baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Dalam konteks hama dan penyakit tumbuhan, maka perubahan iklim juga akan mempengaruhi kejadian penyakit dan terjadinya serangan hama di pertanaman. Perubahan iklim dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap serangga hama. Secara langsung iklim mempengaruhi bio ekologi dari serangga hama seperti perubahan iklim yang drastis akan menyebabkan terganggunya proses perkembangbiakan serangga (menurunkan atau meningkatkan). Secara tidak langsung perubahan iklim akan mempengaruhi lingkungan pendukung kehidupan serangga seperti perubahan iklim yang menyebabkan tidak tersedianya makanan (tanaman) sebagai sumber nutrisi dari serangga hama akibat terlalu panas atau terlalu dingin. Dengan demikian adanya perubahan iklim secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi kehidupan serangga hama, sehingga peranannya dalam suatu tingkat trofik akan berbeda. Seringkali akibat perubahan iklim terjadi ledakan populasi serangga hama tertentu, atau terjadinya kepunahan suatu serangga hama.

Kata kunci: perubahan iklim, hama

ABSTRACT

Climate change will affect all biological life on earth as humans, animals, and plants. In the context of plant pests and diseases, climate change will also affect the incidence of the disease and the occurrence of pests in the crop. Climate change can affect directly or indirectly to the insect pest. Climate change directly affects the bio-ecology of insect pests such drastic climate change will cause disruption of the process of proliferation of insects (decrease or increase). Indirectly, climate change will affect the life-supporting environment insects such as climate change that led to the unavailability of food (plants) as a nutritional source of insect pests due to either too hot or too cold. Thus the existence of climate change directly or indirectly affect the lives of insect pests, so its role in a trophic level will be different. Often climate change is causing a particular insect pest population explosion, or an extinction of an insect pest.

Key words: climate change, pests

PENDAHULUAN

Perubahan iklim terjadi karena adanya pengaruh dari pemanasan global yang terjadi karena tingkat karbon dioksida atmosfer secara global meningkat. Sebagian besar CO₂ bumi sekarang merupakan residu dari karbon (Hunten 1993), terutama karena proses pelapukan (Berner 1992) dan aktivitas biologis (Watson et al. 1991). Dimulai dengan penggunaan bahan bakar fosil meningkat terkait dengan revolusi industri, bagaimanapun, konsentrasi CO₂ di atmosfer telah meningkat 270-180 ppm (volume) ke level saat ini 364 ppm (Watson et al 1996, Keeling & Whorf 1998.). Ini

merupakan kenaikan sekitar 32% dalam periode yang relatif singkat dari waktu geologi dan evolusi.

Laporan terakhir menunjukkan bahwa potensial efek dari peningkatan dua atau kali lipat CO₂ di atmosfer bisa besar. Dalam skala waktu pendek 100-1000 tahun, meningkatnya kadar CO₂ di atmosfer dapat mempengaruhi berbagai atribut abiotik bumi: (1) Suhu (suhu rata-rata yang lebih tinggi dapat menimbulkan efek rumah kaca (Handell & Risbey 1992), (2) pola presipitasi (Smith *et al*, 1992.); (3) presipitasi keasaman (Berner 1992); (4) tingkat permukaan laut (permukaan laut lebih tinggi akan menggenangi daerah dataran rendah); dan (5) daerah iklim (pergeseran dalam zona iklim akan menyebabkan perubahan dalam komposisi ekosistem serta distribusi tanaman dan hewan (Smith *et al* 1992;. Kondrasheva *et al*, 1993.).

Disamping pengaruhnya terhadap faktor abiotik juga berpengaruh secara biologi. Efek biologis dari perubahan iklim global merupakan isu-isu yang paling penting dalam penelitian ekologi. Pada bulan April 1991, Ecological Society of America (ESA) menerbitkan "Agenda Penelitian Ekologi Tahun 1990" di mana panggilan dibuat bagi ekologis untuk fokus penelitian dasar masalah lingkungan.

Perubahan iklim secara biologis akan mempengaruhi semua kehidupan yang ada di bumi baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Dalam konteks hama dan penyakit tumbuhan, maka perubahan iklim juga akan mempengaruhi kejadian penyakit dan terjadinya serangan hama di pertanaman. Karena perubahan iklim secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi hewan kecil seperti artropoda yang di dalamnya banyak terdapat serangga hama, musuh alami, dan pengurai, serta mikroorganisma lain seperti cendawan, bakteri dan virus yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit pada tumbuhan. Lebih lanjut dikatakan oleh Sharma HC (2010) bahwa perubahan iklim merupakan penyebab utama dari perubahan keragaman dan kelimpahan artropoda, distribusi geografi dari serangga hama, dinamika populasi, biotope hama, interaksi antara tanaman dan herbivora, aktivitas dan kelimpahan musuh alami, kepunahan spesies, serta efikasi dan teknologi proteksi tanaman.

Pengaruh perubahan iklim terhadap serangga hama, tumbuhan dan interaksi antara serangga hama dan tumbuhan telah banyak di bicarakan, begitu juga dengan pengaruhnya baik secara langsung maupun secara tidak langsung terhadap aktivitas dan kelimpahan serangga hama. Dalam makalah ini akan direview, beberapa pengaruh perubahan iklim baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap serangga hama.

Faktor eksternal yang mempengaruhi kehidupan serangga

Kehidupan serangga hama maupun musuh alaminya tidak terlepas dari kehidupan serangga secara umum, yang dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya baik fisik, biotik maupun kimia. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan serangga tersebut dapat dibedakan menjadi :

Faktor Fisik

Pengertian faktor fisik terbatas kepada suhu, kelembaban, cahaya, curah hujan dan angin yang mudah dievaluasi. Setiap serangga mempunyai kisaran suhu tertentu, dimana pada suhu terendah ataupun suhu tertinggi, serangga tersebut masih dapat bertahan hidup. Serangga di daerah tropis tidak tahan terhadap suhu rendah dibandingkan serangga yang hidup di daerah sub tropis, mendekati suhu minimum, perkembangan serangga menjadi lambat walaupun serangga masih hidup, keadaan tersebut disebut diapause. Diapause karena suhu minimum disebut **hibernasi** dan yang

disebabkan suhu maksimum disebut **estivasi**. Jadi kehidupan serangga di alam dipengaruhi oleh suhu dengan kisaran suhu 15°C - 50°C (Critech 1979).

Pertumbuhan populasi kutu *Aspidiotus destructor* Sign. dipengaruhi oleh iklim. populasi tinggi terjadi di musim kering tetapi untuk pertumbuhannya diperlukan keadaan yang cukup lembab. Pertanaman yang cukup rapat dan hujan yang besar merangsang perkembangan serangga tersebut tetapi hujan juga menyebabkan mortalitas tinggi. Di pulau Sangie pertanaman kelapa di lembah yang lembab merupakan tempat yang sesuai untuk investasi hama kutu. Udara yang sangat kering menyebabkan mortalitas nimfa menjadi tinggi dan angin keras menyebabkan penyebaran kutu lebih cepat. Kelapa muda dibawah naungan kelapa tua adalah yang pertama terinfestasi. Pertumbuhan populasi *Myzus persicae* Sulz dalam 15 hari tampak meningkat dengan cepat pada keadaan kisaran suhu 15,40C - 33,70C dengan rata-rata 28,40C, pertumbuhan populasi menjadi tertekan lebih rendah. Selanjutnya pada kisaran suhu tinggi 14,30C-41,70C dengan rata-rata. 30C pertumbuhan populasi menjadi sangat tertekan (Blantaran 1973).

Kelembaban Udara mempengaruhi kehidupan serangga langsung atau tidak langsung. Serangga yang hidup di lingkungan yang kering mempunyai cara tersendiri untuk menghemat penggunaan air seperti menyerap kembali air yang terdapat pada feces yang akan dibuang dan menggunakan kembali air metabolik tersebut, contohnya serangga rayap. Oleh karena itu kelembaban harus dilihat sebagai keadaan lingkungan dan kelembaban sebagai bahan yang dibutuhkan organisme untuk melangsungkan proses fisiologis dalam tubuh. Sebagai unsur lingkungan, kelembaban sangat menonjol sebagai faktor modifikasi suhu lewat reduksi evapotranspirasi.

Selanjutnya tidak ada organisme yang dapat hidup tanpa air karena sebagian besar jaringan tubuh dan kesempurnaan seluruh proses vital dalam tubuh akan membutuhkan air. Serangga akan selalu mengkonsumsi air dari lingkungannya dan sebaliknya secara terus menerus akan melepaskan air tubuhnya melalui proses penguapan dan ekskresi. Dalam hal ini kebutuhan air bagi serangga sangat dipengaruhi oleh lingkungan hidupnya terutama kelembaban udara. Beberapa penelitian mengenai beberapa ketahanan serangga terhadap kekeringan menunjukkan korelasi yang tinggi dengan keadaan lembab tempat hidupnya. Secara umum kelembaban udara dapat mempengaruhi pembiakan, pertumbuhan, perkembangan dan keaktifan serangga baik langsung maupun tidak langsung. Kemampuan serangga bertahan terhadap keadaan kelembaban udara sekitarnya sangat berbeda menurut jenisnya. Dalam hal ini kisaran toleransi terhadap kelembaban udara berubah untuk setiap spesies maupun stadia perkembangannya, tetapi kisaran toleransi ini tidak jelas seperti pada suhu. Bagi serangga pada umumnya kisaran toleransi terhadap kelembaban udara yang optimum terletak didalam titik maksimum 73-100 persen. Daerah penyebaran *Scirpophaga innotata* Wlk. pada umumnya terdapat pada dataran rendah kurang dari 200 m diatas permukaan laut yang pada bulan Oktober - November curah hujannya kurang dari 200 mm. Perkembangan populasi *Helopeltis* dipengaruhi oleh keadaan cuaca dan makanannya. Cuaca yang lembab merangsang pertumbuhan populasi, sedang cuaca yang sangat kering atau keadaan yang banyak hujan menghambat pertumbuhan tersebut. Kebun-kebun teh di Jawa Barat biasanya mengalami serangan *Helopeltis* pada bulan Februari dan serangga tersebut menurun pada bulan Juli dan meningkat kembali di bulan-bulan berikutnya. Suhu yang lebih tinggi di daerah perkebunan yang rendah letaknya merangsang pertumbuhan populasi dan dapat menyebabkan eksplorisasi hama. Populasi *Leptocorixa* sp. berfluktuasi secara nyata selama setahun, terutama karena

pengaruh tanaman inangnya. Keadaan cuaca di suatu musim sangat mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhannya.

Hujan secara langsung dapat mempengaruhi populasi serangga hama apabila hujan besar serangga hama banyak yang mati, berpengaruh terutama pada pertumbuhan dan keaktifan serangga. Unsur yang penting dalam analisis hujan adalah curah hujan, jumlah hari dan kelembatan hujan. Pengaruh hujan pada kehidupan serangga bisa bersifat langsung secara mekanik atau secara tidak langsung terhadap keadaan udara dan tanah. Pengaruh mekanik dimaksudkan sebagai hentakan butir hujan pada serangga atau pada tempat hidupnya. Pada kutu daun berada di bagian batang yang tidak terlindungi hujan. Hujan yang sangat lebat dapat mengakibatkan banyak kutu daun yang jatuh kemudian mati sehingga menyebabkan berkurangnya populasi dalam besaran yang cukup berarti. Sebaran hujan disepanjang tahun di suatu tempat memiliki pola tertentu. Sebaran tersebut menunjukkan panjang pendeknya periode hujan dengan curah hujan banyak (bulan basah) dan periodik bulan dengan curah hujan sedikit (bulan kering). Keadaan kelembaban udara dan tanah yang berbeda antara periode bulan basah dan bulan kering dapat meningkat, menghambat, atau merangsang kehidupan serangga.

Angin mempengaruhi metabolisme serangga, serangga kecil mobilitasnya dipengaruhi oleh angin, serangga yang demikian dapat terbawa sejauh mungkin oleh gerakan angin. Selanjutnya sumber cahaya dan panas yang utama di alam adalah radiasi surya. Radiasi dalam hal ini radiasi langsung yang bersumber dari surya dan radiasi baur yang berasal dari atmosfer secara keseluruhan. Untuk menjelaskan sifat radiasi di bedakan antara panjang gelombang cahaya dan intensitas cahaya atau radiasi. Pengaruh cahaya terhadap perilaku serangga berbeda antara serangga yang aktif siang hari dengan yang aktif pada malam hari. Pada siang hari keaktifan serangga dirangsang oleh keadaan intensitas maupun panjang gelombang cahaya di sekitarnya. Sebaliknya ada serangga pada keadaan cahaya tertentu justru menghambat keaktifannya.

Pada umumnya radiasi yang berpengaruh terhadap serangga adalah radiasi infra merah, dalam hal ini berpengaruh untuk memanaskan tubuh serangga. Walaupun demikian panas tubuh suatu organisme tidak hanya ditentukan oleh jumlah radiasi jenis ini karena secara fisik setiap foton yang menimpa tubuh serangga akan memperbesar energi kinetis molekul tubuh tersebut.

Suhu serangga yang terkena radiasi dengan cepat berubah dari 27,6°C menjadi 42,7°C, sedangkan pada serangga yang tetap dalam naungan suhu tubuhnya tidak berubah banyak. Serangga akan mencoba mengatasi panas tubuhnya dengan berlindung ke tempat yang teduh. Secara singkat dapat dikatakan bahwa energi dari panas radiasi disekitar organisme ikut mengatur suhu tubuh serangga melalui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. perubahan intensitas cahaya disekitar pertanaman mungkin akan mempengaruhi keaktifan pengambilan makanan dari perkembangan kutu daun. Gejala virus yang ditunjukkan pada tanaman akibat penularan oleh adanya kutu daun juga bergantung pada intensitas cahaya di sekitar pertanaman (Sunjaya 1970).

Faktor Makanan

Faktor makanan sangat penting bagi kehidupan serangga hama. Keberadaan faktor makanan akan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, curah hujan dan tindakan manusia. Pada musim hujan, orang banyak menanam lahannya dengan berbagai tanaman. Apabila semua faktor lain sangat mendukung perkembangan serangga maka penambahan populasi serangga akan sejalan dengan makin bertambahnya makanan. Keadaan sebaliknya akan menurunkan populasi serangga hama. Hubungan faktor makanan

dengan populasi serangga itu disebut hubungan bertautan padat atau density independent. Oleh karena itu faktor makanan dapat digunakan untuk menekan populasi serangga hama, baik dalam bentuk tidak menanam lahan pertanian dengan tanaman yang merupakan makanan serangga hama, bisa juga menanam lahan pertanian dengan tanaman yang tidak disukai serangga hama tertentu atau dengan tanaman resistens. Makin luasnya tanaman kelapa akan meningkatkan, populasi *Artona* sp. Walaupun demikian *Artona* lebih menyukai daun tua dan bukan daun muda yang baru terbuka ataupun daun yang belum terbuka kurang disukai. Walang sangit hanya menghisap butir padi dalam keadaan matang susu. Jelaslah tersedianya kualitas makanan dalam jumlah yang memadai akan meningkatkan populasi hama dengan cepat. Serangga phytophagus dapat memakan berbagai macam bagian tumbuhan mulai dari akar, batang, daun, bunga dan buah. Cara hidup serangga itu beragam. Ada yang hidup dipermukaan tanaman. Ada juga yang tinggal dalam jaringan tanaman dengan cara mengorok, menggerak atau membentuk puru. Selain itu ada juga yang hidup di dalam tanah di sekitar permukaan. Diantara serangga phytophagus ada yang hidup hanya pada satu jenis tanaman dengan contoh: *Aphis glycines* yang hidup pada tanaman kedelai, pada beberapa jenis tanaman dalam suatu famili, dengan contoh: *Sesamia inferens* yang hidup pula pada padi, jagung dan sorghum. Ada pula yang hidup pada beberapa jenis tanaman dari beberapa famili dengan contoh *Spodoptera* sp yang hidup pada tanaman kedelai, jagung, cabai, kapas dan talas. Selanjutnya serangga yang hanya mempunyai satu inang disebut monophagus. Serangga yang mempunyai beberapa inang dalam satu famili disebut Olyphagous atau Stenophagus, serangga yang mempunyai kisaran berbagai tanaman sebagai makanannya maka penurunan populasinya akan berjalan lambat. Serangga hama yang monophagus akan lebih mudah dikendalikan dengan cara tidak menanam lahan dengan tanaman yang menjadi makanan. Berbeda dengan serangga hama poliphagous karena mempunyai kisaran berbagai tanaman sebagai makanannya, maka penurunan populasinya akan berjalan lambat (Chapman 1998).

Faktor Biologi

Komponen terpenting dari faktor biologi adalah parasitoid, predator dan entomopatogen. Ketiga komponen itu berpengaruh terhadap populasi karena makin tinggi faktor biologi tersebut. Demikian pula sebaliknya akan makin menurun. Parasitoid berukuran lebih kecil dan mempunyai waktu perkembangan lebih pendek dari hostnya sering menumpang hidup pada atau di dalam tubuh serangga hama. Dalam tubuh host/inang tersebut, parasitoid mengisap cairan tubuh atau memakan jaringan bagian dalam tubuh inang. Parasitoid yang hidup di dalam tubuh inang disebut endoparasitoid dan yang menempel di luar tubuh inang disebut ectoparasitoid. Tidak seluruh kehidupan parasitoid didalam atau pada serangga hama. Stadium larva hidup sebagai parasitoid sedangkan stadium dewasa hidup bebas dengan memakan nektar, embun madu atau cairan lain. Parasitoid umumnya mempunyai inang yang lebih spesifik, sehingga dalam keadaan tertentu parasitoid lebih efektif mengendalikan hama. Kelemahan dari parasitoid itu karena adanya parasitoid tertentu yang dapat terkena parasit lagi oleh parasitoid lain. Kejadian seperti diatas disebut hiperparasitisme dan parasitoid lain tersebut disebut parasit sekunder. Bila parasit sekunder ini terkena parasit lagi disebut parasit tertier. Parasit sekunder dan parasit tertier disebut sebagai hyperparasit. Kemudian predator biasanya berukuran lebih besar dan perkembangannya lebih lama prey (inangnya). Predator tidak spesifik terhadap pemilihan mangsa. Oleh karena itu predator adalah serangga atau hewan lain yang memakan serangga hama

secara langsung. Untuk perkembangan larva menjadi dewasa dibutuhkan banyak mangsa. Predator yang monophagous menggunakan serangga hama sebagai makanan utamanya. Predator seperti ini biasanya efektif tetapi mempunyai kelemahan, yaitu apabila populasi hama yang menjadi hama mangsanya lebih biasanya predator yang dapat bertahan hidup. Pada umumnya predator tidak bersifat monophagous, contoh: Kumbang famili Coccinellidae, belalang sembah dan lain sebagainya.

Selanjutnya entomopatogen meliputi cendawan, bakteri, virus, nematoda atau hewan mikro lainnya yang dapat merupengaruhi kehidupan serangga hama. Entomopatogen sudah mulai dikembangkan sebagai pestisida alarm untuk mengendalikan serangga hama. Sebagai contoh *Bacillus thuringiensis* sudah diformulasikan dengan berbagai merek dagang. Bakteri ini akan menginfeksi larva sehingga tidak mau makan dan akhirnya larva mati. Demikian pula dengan cendawan sudah dikembangkan untuk mengendalikan serangga hama, seperti *Metarhizium anisopliae* yang digunakan untuk mengendalikan larva *Oryctes rhinoceros*. Entomopatogen lain seperti virus *Nuclear Polyhydrosis Virus* (NPV) yang mempunyai prospek cukup baik untuk mengendalikan larva Lepidoptera, seperti ulat grayak (Chapman 1998).

Efek perubahan iklim secara umum

Perubahan iklim berdampak pada distribusi geografis dan dinamika populasi hama serangga. Perubahan iklim akan berpengaruh besar pada distribusi geografis dari serangga hama, dan suhu rendah sering lebih penting daripada suhu tinggi dalam menentukan distribusi geografis serangga hama (Hill 1987). Peningkatan suhu dapat mengakibatkan kemampuan lebih besar untuk melewati musim dingin pada serangga spesies terbatas pada suhu rendah di lintang yang lebih tinggi, memperluas jangkauan geografis mereka (EPA 1989; Hill dan Dymock 1989; Elphinstone dan Toth 2008), dan peledakan hama serangga tiba-tiba dapat menghapus spesies tanaman tertentu, dan juga mendorong invasi oleh spesies eksotis (Kannan dan James 2009). Pergeseran spasial dalam distribusi tanaman di bawah perubahan kondisi iklim juga akan mempengaruhi distribusi serangga hama di wilayah geografis (Parry dan Carter 1989). Beberapa spesies tanaman mungkin tidak mengikuti perubahan iklim, sehingga terjadi kepunahan pada spesies tertentu untuk inang tertentu (Thomas *et al.* 2004). Untuk semua spesies serangga, suhu yang lebih tinggi, di bawah ambang batas atas spesies, akan menghasilkan perkembangan yang lebih cepat dan peningkatan pesat dalam populasi hama sehingga waktu untuk kematangan reproduksi akan berkurang jauh. Selain efek langsung dari perubahan suhu pada tingkat perkembangan, peningkatan dalam kualitas makanan karena stres abiotik dapat mengakibatkan peningkatan dramatis dalam pertumbuhan beberapa spesies serangga (White 1984), sedangkan pertumbuhan hama serangga tertentu mungkin terpengaruh (Maffei *et al.* 2007). Ledakan hama lebih mungkin terjadi dengan tanaman stres sebagai akibat dari melemahnya sistem pertahanan tanaman, dan dengan demikian, meningkatkan tingkat kerentanan terhadap hama serangga (Rhoades 1985).

Curah hujan tahunan rata-rata global dapat meningkat sebagai hasil dari intensifikasi siklus hidrologi (Rowntree 1990) yang disebabkan oleh perubahan iklim, yang akan menyebabkan gangguan pertanian sebagai sistem tanam dan komposisi fauna dan flora akan mengalami perubahan bertahap (Porter *et al.*, 1991; Sutherst 1991). Mobilitas tinggi dan pertumbuhan penduduk yang cepat akan meningkatkan tingkat kerugian akibat serangga hama. Distribusi geografis terbatas pada hama serangga

daerah tropis dan subtropis akan diperluas ke daerah-daerah beriklim sedang bersama dengan pergeseran produksi tanaman inang mereka, sementara distribusi dan kelimpahan relatif dari beberapa spesies serangga rentan terhadap suhu tinggi pada daerah beriklim sedang dapat menurun sebagai akibat dari pemanasan global. Spesies ini mungkin menemukan alternatif habitat yang cocok di lintang yang lebih besar. Banyak spesies mungkin memiliki strategi diapause mereka terganggu karena hubungan antara suhu dan kelembaban yang tidak biasa, dan perubahan panjang hari.

Kenaikan curah hujan di wilayah Pampas Argentina akan sangat mempengaruhi spesies, yang paling terkena dampak di kalangan spesies kumbang yang mempunyai habitat khusus (Xannepuccia *et al.* 2009). Pada tingkat trofik yang lebih tinggi, sebuah efek tidak langsung dalam hal hilangnya habitat dan penurunan ketersediaan mangsa juga telah diamati. Dalam skala luas perubahan curah hujan akibat perubahan iklim akan memiliki pengaruh besar pada kelimpahan dan keragaman arthropoda. Kejadian iklim ekstrim seperti kekeringan cenderung menurunkan multi trofik keragaman dan mengubah komposisi komunitas arthropoda, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi taksa terkait lainnya. Dalam ekosistem hutan, stres kronis secara signifikan mengubah komposisi komunitas, dan pohon-pohon yang tumbuh di bawah tekanan tinggi didukung 1/10 jumlah arthropoda dibandingkan dengan pohon yang tumbuh di bawah kondisi yang menguntungkan. Peningkatan stres pohon juga berkorelasi dengan delapan sampai 10 kali lipat penurunan dalam kekayaan spesies dan kelimpahan artropoda. Kekayaan Arthropoda dan kelimpahan individu pohon berkorelasi positif dengan pertumbuhan radial pohon selama kekeringan, menunjukkan bahwa analisis pohon cincin dapat digunakan sebagai prediktor keanekaragaman arthropoda (Stone *et al.* 2010.).

Akibatnya pengaruh perubahan iklim pada tanaman dan herbivor juga akan berpengaruh pada tingkat trofik yang ada di atasnya yaitu musuh alami, dengan tersedianya inang atau dengan kepunahan inang juga akan menyebabkan perubahan pada populasi musuh alami.

KESIMPULAN

Perubahan iklim akibat pemanasan global berpengaruh terhadap faktor abiotik dan biotik yang ada di muka bumi. Faktor abiotik yang dipengaruhi antara lain Suhu, pola presipitasi, presipitasi keasaman, tingkat permukaan laut, dan daerah iklim. Secara biotik yang dipengaruhi oleh perubahan iklim adalah semua makhluk hidup yang ada di bumi baik manusia, tanaman, maupun hewan. Perubahan iklim berdampak pada distribusi geografis dan dinamika populasi hama serangga, sehingga perubahan iklim akan mempengaruhi status hama dalam suatu pertanaman (hama utama, potensial atau kadang-kadang).

DAFTAR PUSTAKA

- Berner, R.A. 1992. Weathering, plants, and the long-term carbon cycle. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 56:3225-3231.
- Blantaran de Rozari. M. 1973. Effect of Temperature on the Survival and Development of the European Corn Borrrer, *O. mubiaksi*. Thesis Iowa State University America. 58pp.
- Chapman RF. 1998. *The Insect Strcucutre and Function* (4th eds). Cambridge. Harvard University Press.
- Critech Field, H.J. 1979. *General Climatologi*. Third edition. Prenticea Hallof India. New Delhi. 446p

- Environment Protection Agency (EPA). 1989. *The potential Effects of Global Climate Change on the United States*. Vol 2: National Studies. Review of the Report to Congress, US Environmental Protection Agency, Washington DC, 261 pp.
- Elphinstone, J. and Toth, I.K. 2008. *Erwinia chrysanthemi (Dikeya spp.) - the facts*. Oxford, U.K: Potato Council.
- Handell, M.D., and J.S. Risbey. 1992. An annotated bibliography on the greenhouse effect and climate change. *Climate Change* 21: 91-255.
- Hill, D.S. 1987. *Agricultural Insects Pests of Temperate Regions and Their Control*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 659 pp.
- Hill, M.G. and Dymock, J.J. 1989. *Impact of Climate Change: Agricultural/Horticultural Systems*. DSIR Entomology Division Submission to the New Zealand Climate Change Program. Auckland, New Zealand: Department of Scientific and Industrial Research. 16 pp.
- Hunten, D.M. 1993. Atmospheric evolution of the terrestrial planets. *Science* 259-915.
- Kannan, R. and James, D.A. 2009. Effects of climate change on global diversity: a review of key literature. *Tropical Ecology* 50: 31-39.
- Keeling, C.D., and T.P. Whorf. 1998. Atmospheric CO₂ concentration (ppmv) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii, Available from <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/CO2/sio-mlo.htm>.
- Kondrasheva, N.Y., K.I. Kobak, and I.E. Turchinovich. 1993. Possible responses of terrestrial vegetation to increasing CO₂ concentration in atmosphere and global warming. *Lesovedenie* 4:71-76.
- Maffei, M.E., Mithofer, A., and Boland, W. 2007. Insects feeding on plants: Rapid signals and responses proceeding induction of phytochemical release. *Phytochemistry* 68: 2946-2959.
- Parry, M.L. and Carter, T.R. 1989. An assessment of the effects of climatic change on agriculture. *Climatic Change* 15: 95-116.
- Porter, J.H., Parry, M.L., and Carter, T.R. 1991. The potential effects of climate change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology* 57: 221-240.
- Rhoades, D.F. 1985. Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. *American Naturalist* 125: 205-238.
- Rowntree, P.R. 1990. Estimate of future climatic change over Britain. *Weather* 45: 79-88.
- Sharma, H.C. 2010. Effect of climate change on IPM in grain legumes. In: *5th International Food Legumes Research Conference (IFLRC V), and the 7th European Conference on Grain Legumes (AEP VII)*, 26 – 30 th April 2010, Anatalaya, Turkey.
- Smith. T.S, R. Leemans, and H.H. Shugart. 1992. Sensitivity of terrestrial carbon storage to carbon dioxide-induced climate change: comparison of four scenarios based on general circulation models. *Climatic Change* 21: 367-384.
- Stone, A.C., Gehring, C.A., and Whitham, T.G. 2010. Drought negatively affects communities on a foundation tree: growth rings predict diversity. *Oekologia* 164: 751-761.
- Sutherst, R.W. 1991. Pest risk analysis and the greenhouse effect. *Review of Agricultural Entomology* 79: 1177-1187.
- Sunjaya, P. 1970. *Dasar-dasar Ekologi Serangga*. IPB. Bogor 135 p

- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., and Williams, S.E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- Watson A.J., C. Robinson, J.E. Robinson, P.J.L.B. Williams, and M.J. R. Fasham. 1991. Spatial variability in the sink for atmospheric carbon dioxide in the North Atlantic. *Nature* 350:50-53.
- Watson, R.T., et al., editors. 1996. Climate change 1995. Impacts, adaptation and mitigation of climate change: scientific-technical analyses. Contribution of the work group II to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- White, T.C.R. 1984. The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia* 63: 90-105.
- Xannepuccia, A.D., Cicciolino, A., Escalante, A., Navaro, A., and Isaacs, J.P. 2009. Differential responses of marsh arthropods to rainfall-induced habitat loss. *Zoological Studies* 48: 173-183.