

PERAN PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KEMUNCULAN OPT BARU
ROLE OF CLIMATE CHANGE IN THE EMERGENCE OF NEW PESTS

Farriza Diyasti^{1*}, Aceu Wulandari Amalia²

¹Direktorat Perlindungan Perkebunan-Ditjenbun
Kampus Kementan Jl. Harsono RM No. 3, Gedung C Pasar Minggu, Jakarta 12550, Indonesia

²IPB University
Kampus IPB Dramaga Bogor Jl. Raya Dramaga, Jawa Barat 16680, Indonesia

*Corresponding email: riza.diyasti@gmail.com

ABSTRAK

Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) merupakan salah satu faktor pembatas penurunan produksi komoditas perkebunan. Perubahan iklim akibat pemanasan global berperan dalam memicu eksistensi OPT di alam. Fluktuasi suhu dan kelembaban udara mampu menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan OPT. Perubahan ini dapat memengaruhi status OPT di lapangan. Isu munculnya hama baru *Spodoptera frugiperda*, penyakit *Pestalotiopsis* sp. pada karet, dan hama *Pseudotheraptus* sp. pada kelapa menjadi contoh OPT yang berkembang akibat adanya peran perubahan iklim global. Dengan demikian diperlukan informasi dan langkah antisipasi terhadap perubahan iklim yang terjadi untuk meminimalisir kerugian akibat serangan OPT tersebut. Adapun beberapa langkah yang dapat ditempuh antara lain membangun sistem peringatan dini, adanya kelembagaan yang tepat dan akurat, mengembangkan model tentang prediksi iklim dan OPT, serta penerapan sistem budidaya tanaman yang sehat dan diintegrasikan dalam teknologi pengelolaan hama dan penyakit tanaman secara terpadu.

Kata Kunci: iklim; OPT; *Pestalotiopsis*; *Pseudotheraptus*; *Spodoptera*

ABSTRACT

Plant Pest Organisms are one of the limiting factors for the decline in the production of plantation commodities. Climate change due to global warming plays a role in triggering the existence of pests in nature. Fluctuations in temperature and humidity are able to stimulate the growth and development of pests. These changes can affect the pest's status on the ground. The issue of the emergence of a new pest, Spodoptera frugiperda, Pestalotiopsis sp. on rubber, and Pseudotheraptus sp. in coconut is an example of a pest that has developed due to the role of global climate change. Thus, information and steps to anticipate climate change are needed to minimize losses due to pest attacks. There are several steps that can be taken, such as building early warning systems, establishing appropriate and accurate institutions, developing climate prediction and pests modeling, and implementing a healthy crop cultivation system and integrated into integrated pest and plant disease management technologies.

Keywords: climate; pests; *Pestalotiopsis*; *Pseudotheraptus*; *Spodoptera*

PENDAHULUAN

Iklim merupakan unsur utama yang berpengaruh dalam sistem metabolisme dan fisiologi tanaman. Fluktuasi suhu dan kelembaban udara

yang semakin meningkat mampu menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan OPT (Organisme Pengganggu Tumbuhan) sehingga berdampak buruk terhadap pertanian di

Indonesia (Iwantoro, 2008). Salah satu aspek yang dipengaruhi oleh perubahan iklim yaitu keberadaan musuh alami yang juga berperan memengaruhi dinamika populasi hama. Penurunan populasi musuh alami membuat populasi hama meningkat dan tidak menutup kemungkinan adanya perubahan status serangga yang dahulunya tidak sebagai hama utama menjadi hama utama karena adanya kompetisi perebutan sumber makanan sebagai proses memertahankan keberlangsungan hidupnya. Di samping itu, perubahan iklim juga berimplikasi terhadap munculnya ras, strain, biotipe, genome baru dari OPT.

Isu serangan OPT perkebunan yang menjadi perhatian akhir-akhir ini yaitu hama *Spodoptera frugiperda* yang memiliki inang utama jagung namun juga dapat menyerang komoditas perkebunan (Nonci *et al.*, 2019), penyakit *Pestalotiopsis* sp. pada karet (Febbiyanti & Fairuza, 2020) dan hama *Pseudotheraptus* sp. pada kelapa (Ditlinbun, 2021a) menjadi contoh OPT yang berkembang akibat adanya peran perubahan iklim global. Fakta tersebut menunjukkan adanya kaitan perubahan iklim dengan masalah OPT di Indonesia. Namun, untuk memahami masalah secara menyeluruh perlu pengkajian khusus dan mendalam tentang dampak iklim terhadap perubahan dinamika OPT, sehingga dapat dirumuskan langkah

antisipasi yang tepat, baik oleh pemerintah maupun masyarakat. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai pengaruh iklim terhadap perkembangan OPT serta munculnya hama baru yang berpotensi merugikan bagi ketahanan sub sektor perkebunan.

METODE PENELITIAN

Tulisan ini disusun menggunakan metode deskriptif untuk mengumpulkan, merumuskan, serta menjelaskan secara terperinci dan sistematis mengenai pengaruh iklim terhadap perkembangan OPT. Pengumpulan bahan informasi berasal dari berbagai media, elektronik (internet), jurnal, dan buku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan unsur iklim terhadap OPT

Perkembangan OPT bersifat dinamis dan sangat dipengaruhi oleh lingkungan biotik dan abiotik, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada dasarnya semua organisme dalam keadaan seimbang di alam, dengan adanya perubahan iklim dan beberapa campur tangan manusia dalam pola budidaya tanaman memengaruhi dinamika perkembangan OPT. Pengaruh perubahan iklim terhadap populasi OPT sulit diprediksi, karena adanya keseimbangan antara OPT dengan

tanaman inang (*host*), serta musuh alaminya.

Spesies dari suatu wilayah yang masuk ke wilayah baru (invasif) cenderung memiliki kemampuan penyebaran yang tinggi, pertumbuhan yang cepat dengan waktu generasi yang singkat, dan toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan. Hal ini yang membuat spesies invasif sukses berkembang di wilayah yang baru (Finch *et al.*, 2021). Adaptasi yang cepat terhadap iklim lokal dapat mendukung penyebaran spesies invasif di awal perkembangan (Colautti & Barrett, 2013). Finch *et al.* (2021) menyatakan sebanyak 15% dari semua invasif spesies beradaptasi dengan kondisi iklim yang tidak pernah terjadi di wilayah asalnya. Hal ini memengaruhi beberapa aspek, diantaranya yaitu efek langsung terhadap fisiologi, pertumbuhan, dan pertahanan hidup; efek tidak langsung secara biologi yang mengubah ketersediaan sumber daya, persaingan, herbivora, penyakit, dan ketahanan terhadap manajemen manusia, serta efek tidak langsung secara sosial yang dapat mengubah nilai sumber daya yang dipengaruhi oleh spesies invasif (Finch *et al.*, 2021).

Distribusi dan kelimpahan serangga menanggapi dengan cepat pertahanan dan toleransi tanaman inang, serta interaksi yang melibatkan musuh

alami, pesaing, dan mutualis serangga dan patogen (Weed *et al.*, 2013). Perubahan iklim berdampak pada distribusi geografis dan dinamika populasi serangga hama, sehingga perubahan iklim akan memengaruhi status hama dalam suatu pertanian (Wardani, 2017). Dalam hal peningkatan populasi, serangga diuntungkan pada suhu yang lebih tinggi dikarenakan kematangan reproduksi lebih singkat dan terjadinya peningkatan dalam kualitas makanan akibat cekaman abiotik pada tanaman budidaya (White, 2017). Susanti *et al.* (2011) melaporkan keberadaan hama-hama dominan baru yang sebelumnya belum pernah muncul pada bawang merah. Perubahan status hama dominan diperkirakan terjadi akibat peningkatan suhu udara (Magina *et al.*, 2011).

Beberapa spesies invasif sensitif terhadap perubahan waktu, jumlah curah hujan, dan perubahan suhu sekitar atau kelembaban, sedangkan yang lain lebih responsif terhadap perubahan tekanan yang terjadi pada inang (Finch *et al.*, 2021). Tanaman yang mengalami cekaman cenderung rentan terhadap serangan patogen. Kondisi panas namun sedikit lembab di malam hari dengan kisaran suhu 30-31°C merupakan kondisi yang mendukung perkembangan cendawan luka api (*Sporisorium scitamineum*), ditambah lagi jika telah

mengalami kepras lebih dari tiga kali akan lebih mudah terserang penyakit ini (Nurindah & Yulianti, 2018).

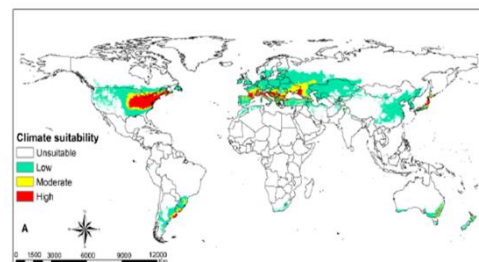
Hasil kajian Ghini *et al.* (2011) menunjukkan peningkatan kejadian iklim ekstrim sebagai salah satu dampak perubahan iklim meningkatkan perkembangan OPT tanaman perkebunan dengan tingkat kehilangan produksi global 10%.

Pendugaan munculnya OPT baru akibat perubahan iklim global

Hama *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

Di awal tahun 2019, ulat grayak jenis *Spodoptera frugiperda* muncul di Indonesia. *S. frugiperda* atau lebih dikenal dengan ulat grayak frugiperda merupakan hama tanaman jagung yang selama ini berkembang biak di Benua Amerika bagian Tengah yang memiliki iklim tropis. Kemudian *S. frugiperda* menyebar ke Afrika, India, Thailand, Cina, Myanmar dan Indonesia (CABI, 2019). Saat musim semi, *S. frugiperda* akan migrasi ke Utara dengan kemampuan terbang hingga 100 km dalam satu malam. Dengan bantuan angin, *S. frugiperda* mampu memencar sejauh 500 km di Amerika Tengah, dan 1.700 km dari Mississippi ke Canada dalam waktu 30 jam sebelum meletakkan telur (Westbrook *et al.*, 2016). Pada kondisi hangat, ngengat *S. frugiperda* betina mampu menghasilkan hingga

2000 butir telur dalam satu siklus hidupnya (Nonci *et al.*, 2019). Selain karena bermigrasi, diduga telur atau larva hama ini dapat juga terbawa pada komoditas yang diperdagangkan (sayuran, buah, atau tanaman hias) yang dikirim dari AS ke Eropa dengan transportasi udara. Jalur pemencaran dari daratan Asia ke Indonesia diduga karena tiupan Angin muson Barat pada Bulan Oktober-April (Cock *et al.*, 2017). Menurut Early *et al.* (2018) hama ini diduga dapat dengan mudah menyebar ke belahan dunia lain dikarenakan adanya kesesuaian iklim, rute perdagangan dan rute penumpang.



Gambar 1. Kesesuaian iklim *S. frugiperda* secara global (Teppa Yotto *et al.*, 2021)

Laporan dari Grow Asia (2020) menunjukkan *S. frugiperda* di Indonesia telah tersebar di 25 Provinsi. *S. frugiperda* memiliki kisaran inang yang sangat luas, dapat menyerang lebih dari 80 spesies tanaman, diantaranya jagung, padi, sorgum, jewawut, tebu, sayuran, dan kapas (Nonci *et al.*, 2019). Jika tanaman inang utama tidak tersedia, *S. frugiperda* dapat bertahan pada

pertanaman rumput-rumputan (Da Silva *et al.*, 2017). Pada masa pembungaan, serangan *S. frugiperda* lebih rendah dibandingkan saat tanaman masih muda, hal ini disebabkan karena ketahanan tanaman lebih tinggi saat masa generatif dengan adanya dukungan pemupukan dan pengolahan tanah yang baik oleh petani (Mamahit *et al.*, 2020). Terdapat 2 strain *S. frugiperda* yaitu Strain C (*corn strain*) yang menyerang jagung, sorgum, dan kapas; Strain R (*rice strain*) yang menyerang jagung, padi, dan rerumputan. Kedua strain dijumpai di Afrika (Cock *et al.*, 2017), India (Swamy *et al.*, 2018), dan diduga strain yang sama dijumpai juga di Indonesia (Lestari *et al.*, 2020). Hasil identifikasi Sartiami *et al.* (2020) menunjukkan spesies ulat grayak frugiperda yang ditemukan di Provinsi Banten merupakan strain R. Ciri-ciri larva *S. frugiperda* secara morfologis yaitu, memiliki garis berwarna cerah di sub dorsal tubuh, garis berwarna pucat di dorsal tubuh, garis tebal seperti pita di bagian lateral tubuh, dan pada segmen terakhir abdomen terdapat 4 titik hitam membentuk segi empat. Pada bagian kepala terdapat garis membentuk huruf Y terbalik, yang membedakannya dengan jenis *S. litura* (Ditlinbun, 2019b). Kehilangan hasil atas serangan *S. frugiperda* antara 30-60%, dan memiliki kerakusan dalam makan tanaman hingga

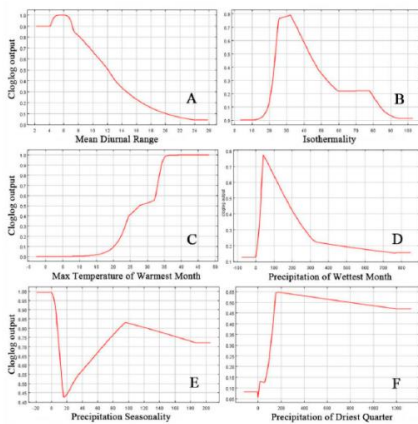
10 kali lipat dibanding spesies lokal (*Spodoptera litura*) (Sari, 2020).



Gambar 2. Larva *S. frugiperda* instar-5 dengan ciri khas (a) huruf “Y” terbalik pada kepala, (b) garis tebal gelap pada lateral tubuh, (c) terdapat 4 titik pinacula pada abdomen-8 dengan seta tunggal (Goergen *et al.*, 2016)

Mamahit *et al.*, (2020) menemukan *S. frugiperda* pada daerah pertanaman jagung yang tumbuh pada ketinggian 700 sampai 800 m dpl, sejalan dengan Maharani *et al.* (2019) bahwa ketinggian tempat berpengaruh terhadap keberadaan hama *S. frugiperda*, pada ketinggian lebih dari 850 m dpl tidak ditemukan hama tersebut. *S. frugiperda* merupakan hama invasif yang tidak mampu hidup pada dataran tinggi (Wang *et al.*, 2020). Feldmann *et al.* (2019) menemukan bahwa *S. frugiperda* tidak memiliki kemampuan diapause, sehingga siklus perkembangannya sangat dipengaruhi suhu lingkungan. Pada suhu rendah, mortalitas *S. frugiperda* lebih rendah, namun pada kisaran suhu tertentu, kapasitas reproduksi ngengat betina meningkat dengan peningkatan

suhu (Schlemmer, 2018). Ketika suhu mulai naik, *S. frugiperda* akan kembali berkembang, menghasilkan larva dan menginvasi daerah baru dengan kisaran suhu 20-30 °C (Baloch *et al.*, 2020). Selain faktor suhu, Baloch *et al.* (2020) juga mengemukakan pengaruh kelembaban relatif dan curah hujan berperan dalam distribusi *S. frugiperda* (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh suhu, curah hujan, dan kelembapan terhadap *S. frugiperda* (Baloch *et al.*, 2020)

Secara keseluruhan, kesesuaian *S. frugiperda* berada pada rentang suhu 6-35 °C, curah hujan bulan terbasah sebesar 45 mm, dan curah hujan kuartal terkering sebesar 180 mm dengan curah hujan musiman nol (Baloch *et al.*, 2020). Untuk mencegah perluasan daerah serangan hama lebih lanjut, impor pertanian dan upaya pengelolaan harus dilakukan secara komperhensif dengan peran kelembagaan yang kuat.

Hama *Pseudotheraptus* sp. pada kelapa

Lampiran Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor

31/PERMENTAN/KR.010/7/2018 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Pertanian Nomor 93/PERMENTAN/OT.140/12/2011 tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina, hama *Pseudotheraptus* sp. (Hemiptera: Coreidae) merupakan hama golongan II kategori A1. Penyebarannya terdapat di Kenya, Afrika Selatan, dan Tanzania, dan belum dilaporkan ada di Indonesia. Namun berdasarkan informasi dari Balai Penelitian Palma, *Pseudotheraptus wayi* ditemukan menyerang pertanaman kelapa di Provinsi Sulawesi Utara, di Mapanget pada pertengahan tahun 2019. Serangan *P. wayi* pada buah kelapa muda menyebabkan abortus buah dan bentuk buah abnormal, akibatnya petani dapat kehilangan hasil produksi hingga 50% (Lumentut, 2021).

Kepik *P. wayi* menyerang titik tumbuh tunas, bunga (menyebabkan kelopak bunga gugur) dan buah (menyebabkan bentuk abnormal, lubang, bercak cokelat hingga kehitaman, mengeluarkan eksudat seperti getah). Pada kelapa, nimfa muda memakan pangkal bunga jantan, dan nimfa yang lebih tua/dewasa memakan bunga betina yang sedang berkembang. Cairan saliva dari hama *P. wayi* memiliki kandungan racun yang diinfestasikan ke dalam jaringan buah sehingga menimbulkan gejala bercak kehitaman dan

buah mudah gugur sebelum waktunya (CABI, 2020).

Perpindahan serangga ini diduga adanya bantuan angin dan dipicu oleh perubahan suhu. *P. wayi* memiliki kisaran inang yang luas, diantaranya buah jambu, alpukat, jambu mete, kelapa sawit dan kelapa (Peter, 2013). Menurut Soesanthy & Trisawa (2011), *P. wayi* merupakan serangga fitofag yang berasosiasi dengan tanaman jambu mete di Indonesia, namun tidak sebagai hama utama. Kajian yang dilakukan Safitri *et al.* (2020), serangga Hemiptera dengan spesies terbanyak ditemukan pada ekosistem kelapa sawit, dan berperan sebagai herbivora. Hal ini dikarenakan faktor eksternal yang mendukung yakni pada ekosistem tersebut terdapat gulma yang menjadi sumber makanan bagi, serta kesesuaian kondisi iklim juga sangat memengaruhi perkembangan hama ini. Menurut Lumentut (2021), penggunaan pestisida secara serampangan mengakibatkan hama ini semakin berkembang lebih baik karena timbulnya fenomena resistensi, resurgensi maupun terbunuhnya musuh alami hama ini. *P. wayi* dapat dikendalikan oleh serangga Hymenoptera seperti *Anoplepis custodiens*, *Oecophylla langinoda*, dan *Oencyrtus* sp. Dengan demikian manipulasi lingkungan sangat diperlukan untuk menekan populasi hama

(Lumentut, 2019). Pengkajian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui bioekologi dan dinamika populasi hama ini untuk selanjutnya dapat ditempuh langkah pengendalian yang efektif.



Gambar 4. Imago *P. wayi* (CABI, 2020), dan gejala serangan berupa bercak lesi kehitaman pada buah kelapa (Lumentut, 2021)

Penyakit gugur daun *Pestalotiopsis* sp. pada karet

Menurut Febbiyanti (2020), penyakit gugur daun yang disebabkan oleh *Pestalotiopsis* sp. pada karet dilaporkan pertama kali terjadi di Malaysia pada tahun 1975 di kebun pembibitan dan menyerang lagi tahun 2017. Di Indonesia, pertama kali terjadi di wilayah Sumatera Utara pada tahun 2016, selanjutnya menyebar ke daerah Sumatera Bagian Selatan pada akhir 2017 hingga sekarang, serangan mencapai lebih dari 300.000 ha, dengan kehilangan hasil yang ditimbulkan mencapai 27% (Ditlinbun, 2021b).

Penyakit *Pestalotiopsis Leaf Spot Diseases* sebelumnya dijumpai di pertanaman kelapa sawit. Cendawan ini merupakan patogen lemah yang

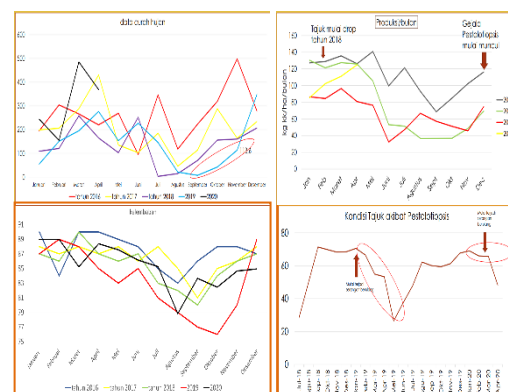
menyerang tanaman inang dikarenakan adanya pelukaan akibat serangan hama ulat sebelumnya ataupun patogen utama (Martinez & Plata-Rueda, 2013). *Pestalotiopsis* sp. menyerang daun tua yang sebelumnya diduga telah terserang patogen gugur daun lainnya seperti *Oidium* sp., *Colletotrichum* sp., *Corynespora* sp, dan *Fusicocum* sp. Spora cendawan (konidium) dengan mudah disebarkan oleh angin, bahkan untuk jarak dekat spora dapat terbawa oleh percikan air dan serangga (Douira *et al.*, 2014). Dengan adanya kondisi iklim yang sesuai, patogen ini dapat berkembang dengan cepat. Infeksi *Pestalotiopsis* sp. akan semakin parah pada curah hujan >300 mm/bulan dengan kelembaban rata-rata >80% (Febbiyanti & Fairuza, 2020). Gejala penyakit pada daun ditunjukkan oleh bintik coklat, kemudian berkembang menjadi bercak coklat tua dan terdapat batas yang jelas antara bagian bercak dan bagian daun yang masih sehat. Daun yang terinfeksi akan gugur sebelum waktunya, sehingga kerapatan tajuk juga semakin menurun. Sebagian ranting mati dan tajuk tanaman meranggas serta berkurang lebih dari 50 % (Febbiyanti & Fairuza, 2020).

Dalam menghadapi perubahan iklim dalam kaitan dengan perkembangan hama dan penyakit tanaman diperlukan beberapa langkah yang sesuai. Monitoring dan pengawasan

wilayah dalam hal importasi komoditas inang merupakan gerbang awal pertahanan dalam menghindarkan dari kerusakan akibat spesies invasif (Lovett *et al.*, 2016). Manajemen campur tangan manusia memegang peranan penting dalam mengendalikan spesies invasif yang mengacu pada pengelolaan sumber daya, kultur teknis yang tepat dengan meningkatkan pertahanan tanaman inang maupun menciptakan kondisi yang tidak sesuai untuk perkembangan OPT (Finch *et al.*, 2021).



Gambar 5. Gejala serangan (kiri) dan bentuk mikroskopis *Pestalotiopsis* sp. (Febbiyanti & Fairuza, 2020)



Gambar 6. Pengaruh curah hujan dan kelembapan (kiri) terhadap kerapatan tajuk karet (kanan) (Febbiyanti, 2020)

Pemahaman tentang pengaruh lingkungan abiotik akibat perubahan

iklim terhadap interaksi tritrofik antara tanaman inang, herbivora, dan musuh alami perlu ditingkatkan, sehingga dapat dikembangkan teknik pengendalian hama terpadu (PHT) yang efektif. PHT mencakup manajemen lingkungan dengan kultur teknis, biologis dengan memanfaatkan musuh alami dan kimiawi dengan penggunaan pestisida yang bijaksana (Finch *et al.*, 2021).

Penggunaan dan pengembangan varietas yang adaptif dan toleran terhadap cekaman lingkungan dan tahan serangan OPT sangat diperlukan meskipun membutuhkan waktu yang lama (Servina, 2019). Untuk itu diperlukan proyeksi iklim yang dapat menjadi landasan bagi penelitian dan pengembangan pemuliaan tanaman. Jika suatu daerah diproyeksi akan mengalami penurunan curah hujan maka varietas yang akan dikembangkan adalah varietas toleran kekeringan dan sebaliknya (Servina, 2019). Pengembangan suatu sistem peringatan dini OPT dengan indikator iklim, harus dibangun dengan melibatkan kepakaran bidang ilmu dan kelembagaan yang kuat berkelanjutan (Susanti *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Unsur iklim berpengaruh terhadap perkembangan OPT baik secara langsung maupun tidak langsung. Perubahan iklim global memicu terjadinya distribusi

spesies invasif ke wilayah lain dengan kemampuan penyebaran yang tinggi, pertumbuhan yang cepat dengan waktu generasi yang singkat, dan toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan. Dengan demikian diperlukan aksi adaptasi dan mitigasi dalam mengantisipasi serangan OPT tersebut.

Beberapa hal yang dapat dilakukan antara lain: (1) membangun sistem peringatan dini (*early warning system*) dengan menggalakan kegiatan monitoring dan pengamatan OPT secara intensif di lapangan; (2) meningkatkan peran serta kelembagaan yang tepat dan akurat. Manajemen karantina wilayah pada jalur pemasukan barang memerlukan pengawasan yang ketat; (3). Mengembangkan model prediksi iklim yang dikaitkan dengan dinamika serangan OPT; dan (4) penerapan sistem budidaya tanaman sehat yang diintegrasikan dalam teknologi PHT yang mencakup manajemen lingkungan dengan kultur teknis (penggunaan varietas toleran), biologis dengan memanfaatkan musuh alami, dan kimiawi dengan penggunaan pestisida secara bijaksana.

DAFTAR PUSTAKA

CABI. (2019). Community-Based Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Monitoring, Early Warning and Management. FAO.

- CABI. (2020). Invasive Spesies Compendium : *Pseudotheraptus wayi* (Coconut bugs). URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45033> (diakses pada Maret 2021).
- DITLINBUN. (2019a). Penyakit gugur daun karet *Pestalotiopsis* sp. URL: http://perlindungan.ditjenbun.pertanian.go.id/web/page/title/319979/penyakit-gugur-daun-karet-pestalotiopsis-sp?post_type=informasi. (diakses pada 25 Oktober 2020).
- DITLINBUN. (2019b). Waspada *Spodoptera frugiperda*. URL: http://perlindungan.ditjenbun.pertanian.go.id/web/page/title/319980/waspada-spodoptera-frugiperda?post_type=informasi. (diakses pada 23 Oktober 2020).
- DITLINBUN. (2021a). Waspada OPT baru *Pseudotheraptus wayi* pada kelapa. URL: http://perlindungan.ditjenbun.pertanian.go.id/web/page/title/340900/waspada-opt-baru-pseudotheraptus-wayi-pada-kelapa.post_type=informasi. (diakses pada April 2021).
- DITLINBUN. (2021b). Teknologi remote sensing dalam mendeteksi kesehatan tanaman. URL: <http://perlindungan.ditjenbun.pertanian.go.id/web/page/title/341109/teknologi-remote-sensing-dalam-mendeteksi-kesehatan-tanaman-karet>. (diakses pada April 2021).
- Baloch, M. N., Fan, J., Haseeb, M., & Zhang, R. (2020). Mapping Potential Distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Central Asia. *Insects*. 2020(11), 172.
- Cock, M. J., Beseh, P. K., Buddie, A. G., Cafá, G., & Crozier, J. (2017). Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*. 7(1), 4103.
- Colautti, R. I., & Barrett, S. C. H. (2013). Rapid adaptation to climate facilitates range expansion of an invasive plant. *Science*. 342(2013), 364-366.
- Da Silva. (2017). Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. *Sci. agric*. 74(1), 18-31.
- Douira, A. (2014). Study of *Pestalotiopsis palmarum* pathogenicity on *Washingtonia robusta* (Mexican palm). *International journal Of Pure & Applied Bioscience*. 2 (6), 138-145.
- Early, R., Moreno, P. B., Nurphy, S. T., & Day, R. (2018). Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda* the fall army worm. *J NeoBiota* 40(2018), 25-50.
- Febbiyanti, T. R. (2020). Seri Diskusi Teknis Karet: Epidemi dan pengendalian penyakit gugur daun pestalotiopsis pada tanaman karet. URL: <http://www.puslitkaret.co.id/wp-content/uploads/2020/05/Tri-Rapani-Febbiyanti-Webinar-PPK.pdf> (diakses pada Maret 2021).
- Febbiyanti, T. R., & Fairuza, Z. (2020). Identifikasi penyebab kejadian luar biasa penyakit gugur daun karet di Indonesia. *Jurnal Penelitian Karet*. 37 (2), 193-206. doi:

- <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v37i2.616>.
- Feldmann, F., Rieckmann, U., & Winter, S. (2019). The spread of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Africa—What should be done next?. *J. Plant Dis. Protect.* 126(2019), 97–101.
- Finch, D. M. (2021). Effects of Climate Change on Invasive Species. *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States* pp 57-83. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-45367-1_4 pada Mei 2021
- Ghini, R., Hamada, E., Pedro Júnior, M. J., Marengo, J. A., & Gonçalves, R. R. V. (2008). Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. *Pesquisa agropecuária brasileira.* 43(2008), 187-194.
- Goergen, G., Kumar, L., Sankung, S. B., & Tamo, M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a New Alien Invasive Pest in West and Central Africa. Research gate.
- Grow Asia. (2020). ASEAN action plan on fall Armyworm control. URL: <https://exchange.growasia.org/asean-action-plan-fall-armyworm-control> (diakses pada Mei 2021).
- Iwantoro, S. (2008). Pengaruh perubahan iklim global terhadap eksistensi spesies invasif dan perdagangan global. *Prosiding Seminar Nasional PEI dan PFI Komda Sumsel.* Palembang, 18 Oktober 2008.
- Lestari, I. (2020). Identification and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province, Indonesia. *Biodiversitas.* 21(4), 1670-1677. DOI: 10.13057/biodiv/d210448.
- Lumentut, N. (2021). Mengenal hama perusak buah kelapa, *Pseudothraupis wayi* (Hemiptera: Coreidae). Info Perkebunan. URL: [Infotekbun-Knowing the Pests Destroying Coconut Fruits P. wayi](https://infotekbun.kemtan.go.id/infotekbun-knowing-the-pests-destroying-coconut-fruits-p-wayi) (diakses pada Maret 2021).
- Lovett, G. M., Weiss, M., & Leibhold, A. M. (2016). Nonnative forest insects and pathogens in the United States: impacts and policy options. *Ecol Appl.* 26(2016), 1437–1455.
- Magina, F., Makundi, R., Maerere, A., Maro, G., & Teri, J. (2011). Temporal variations in the abundance of three important insect pests of coffee in Kilimanjaro region, Tanzania. In: Proc 23rd International Scientific Colloquium on Coffee. *Association Scientifique Internationale du Caffe (ASIC)*, Bali Indonesia, Oktober 3-8, 2010. p.1114-1118.
- Maharani, Y., Dewi, V. K., Puspasari, L. T., Riszkie, L., Hidayat, Y., & Dodo. D. (2019). Cases of Fall Army Worm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Attack on Maize in Bandung, Garut and Sumedang District, West Java. *J Cropsaver.* 2(1), 38-46.
- Mamahit, J. M. E., Manueke, J., & Pakasi, S. E. (2020). Invasive pests fall army worm *spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on maize in minahasa district. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020*, Palembang 20 Oktober 2020. pp. 616-624. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

- Martinez, L. C., & Plata-Rueda, A. (2013). Lepidoptera vectors of Pestalotiopsis fungal disease: first record in oil palm plantations from Colombia. *International Journal of Tropical Insect Science*. 33(4), 239-246.
- Nurindah & Yulianti, T. (2018). Strategi pengelolaan serangga hama dan penyakit tebu dalam menghadapi perubahan iklim. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 10(1), 39-53. DOI:10.21082/btism.v9n1.2018.39-54.
- Nonci. (2019). Pengenalan fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) hama baru pada tanaman jagung di Indonesia. Makassar: Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Peter, E. J. (2013). Morphology, biology and semiochemical mediated behaviour of the coreid bug *Pseudotheraptus wayi* Brown 1955, a major pest of cashew in East Africa. *Thesis*. Crop science-Makerere University.
- Safitri, D., Yaherwandi, & Efendi, S. (2020). Keanekaragaman serangga herbivora pada ekosistem perkebunan kelapa sawit rakyat Di Kecamatan Sitiung Kabupaten Dharmasraya. *J Menara Ilmu*. 16(1), 19-28.
- Sari, K. K. (2020). Viral Hama Invasif Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) Ancam Panen Jagung di Kabupaten Tanah Laut Kalsel. *J. Proteksi Tanaman Tropika*. 3(3), 244-247.
- Sartiarni, D., Dadang, Harahap, I. S., Kusumah, Y. M., & Anwar, R. (2020). First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 468 (2020), 012021. doi:10.1088/1755-1315/468/1/012021.
- Servina, Y. (2019). Dampak perubahan iklim dan strategi adaptasi tanaman buah dan sayuran di daerah tropis. *J Litbang Pertanian*. 38(2), 65-76.
- Schlemmer, M. E. (2018). Temperature on Development and Reproduction of *Spodoptera frugiperda* (Lepidop: Noctuidae). North-West University: Evanston, IL, USA, 2018; pp. 1-103.
- Soesanthy, F., & Trisawa, I. M. (2011). Pengelolaan serangga-serangga yang berasosiasi dengan tanaman jambu mete. *Buletin RISTI*. 2 (2), 221-230.
- Surmaini, E., & Faqih, A. (2016). Kejadian Iklim Ekstrem dan Dampaknya Terhadap Pertanian Tanaman Pangan di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. 10(2), 115-128.
- Susanti, E., Surmaini, E., & Sarvina, Y. (2011). Dinamika organisme pengganggu tumbuhan (OPT) dominan pada pertanaman bawang merah. *Prosiding Seminar Sumber Daya Lahan Pertanian*, Banjar Baru 13-14 Juli 2011.
- Susanti, E., Surmaini, E., & Estiningtyas, W. (2018). Parameter iklim sebagai indikator peringatan dini serangan hama penyakit tanaman. *J Sumberdaya Lahan*. 12(1), 59-70.
- Susilawati. (2004). Lalat pengorok daun *Liriomyza sativae* Blanchard hama baru pada beberapa sayuran dataran rendah. *J. Hort*. 14(4), 279-286.
- Swamy, H. M. M., Asokan, R., Kalleshwaraswamy, C. M., & Deshmukh, S. (2018). Prevalance of

“R” strain and molecular diversity of fall army worm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in India. *Indian Journal of Entomology*. 80(3), 544-553.

Tepa, Y. (2021). Global Habitat Suitability of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae): Key Parasitoids Considered for Its Biological Control. *Insects* 202(12), 273-289.
<https://doi.org/10.3390/insects12040273>.

Wang, R., Jiang, C., Guo, X., Chen, D., You, C., Mingtian, Y., & QingLi, W. (2020). Potential distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in China and the major factors influencing distribution. *Global Ecology and Conservation*. 21(2020), 1-10.

Wardani, N. (2017). Perubahan iklim dan pengaruhnya terhadap serangga hama. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi Spesifik Lokasi Untuk Ketahanan Pangan Pada Era Masyarakat Ekonomi ASEAN*.

Weed, A. S., Ayres, M. P., & Hicke, J. A. (2013). Consequences of climate change for biotic disturbances in North American forests. *Ecol Monogr*. 83(2013), 441-470.

Westbrook, J. K., Nagoshi, R. N., Meagher, R. L., Fleischer, S. J., & Jairam, S. (2016). Modeling seasonal migration of fall armyworm moths. *Int J Biometeorol*. 60(2), 255-67.
doi: 10.1007/s00484-015-1022-x.

White, J. (2017). Climate change and the generational timescape. *Sage Journal*. 4(2017), 1-17.
<https://doi.org/10.1111/1467-954X.12397>.