

Peranan Serangga untuk Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan

The Role of Insects to Support Sustainable Agriculture Systems

Akbar Radja Vanderi^{1*)}, Arsi Arsi², Mega Utami¹, Ahmad Bintang¹, Delly Salsabila Amanda¹, Aqilla Noor Sakinah¹, Reja Malini¹

¹Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

²Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

*)Penulis untuk korespondensi: akbarradjavanderi@gmail.com

Sitasi: Vanderi AR, Arsi A, Utami M, Bintang A, Amanda DS, Sakinah AN, Malini R. 2021. The role of insects to support sustainable agriculture systems. *In: Herlinda S et al. (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Palembang 20 Oktober 2021.* pp. 249-259. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Insects have the highest number of species among other living things. The understanding that insects are plant-disturbing organisms (OPT) has led to the development of synthetic chemical pesticides that are very damaging to the environment. In fact, insects have many roles to support sustainable agricultural systems. This article aimed to study the role of insects in supporting a sustainable agriculture system. This article was compiled from a study of scientific literature. It has been resulted that the review shows the success of a sustainable agricultural system can be done by utilizing the roles of insects. Such as the role of insects as pollinators of the order Hymenoptera, Lepidoptera and Diptera, and also the role of insects as decomposers of the order Hymenoptera. Then, the role of insects as bioindicators of the orders Hemiptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, and Odonata. As well as the role of insects as parasitoids of the order Hymenoptera, and the role of insects as predators of the orders Coleoptera, Hemiptera, and Odonata. The conclusion, the insects do not always have a negative impact, because some of the roles of insects can be utilized to support sustainable agricultural systems.

Keywords: bioindicator, decomposer, parasitoid, pollinator, and predator

ABSTRAK

Serangga memiliki jumlah spesies yang paling tinggi di antara makhluk hidup lainnya. Pemahaman bahwa serangga merupakan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) menyebabkan berkembangnya pestisida kimia sintetik yang sangat merusak lingkungan. Padahal, serangga memiliki banyak peran untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji peran serangga dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Artikel ini disusun dari studi literatur ilmiah. Telah didapatkan hasil ulasan yang menunjukkan bahwa keberhasilan sistem pertanian berkelanjutan dapat dilakukan dengan memanfaatkan peran serangga. Seperti peran serangga sebagai penyerbuk ordo Hymenoptera, Lepidoptera dan Diptera, serta peran serangga sebagai pengurai ordo Hymenoptera. Kemudian, peran serangga sebagai bioindikator ordo Hemiptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, dan Odonata. Serta peran serangga sebagai parasitoid ordo Hymenoptera, dan peran serangga sebagai predator ordo Coleoptera, Hemiptera, dan Odonata. Kesimpulannya, serangga tidak selalu

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN: 978-623-399-012-7

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

berdampak negatif, karena beberapa peran serangga dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan.

Kata kunci: bioindikator, dekomposer, parasitoid, polinator, dan predator

PENDAHULUAN

Pertanian telah mengalami banyak revolusi, baik itu domestika hewan dan tumbuhan, penggunaan rotasi tanaman secara sistematis, serta meluasnya penggunaan pupuk buatan dan pestisida (Walter, 2017). Pada dasarnya pestisida bermanfaat dari segi produksi tanaman, tetapi jika digunakan secara ekstensif dapat berakibat fatal karena bio-magnifikasi dan sifatnya yang persisten dan juga dapat mencemari udara, air, tanah dan ekosistem lainnya secara langsung ataupun tidak langsung yang akan berdampak terhadap kesehatan makhluk hidup (Sharma, 2019). Hilangnya kesuburan tanah dan keanekaragaman hayati yang disebabkan oleh pengalihan fungsi lahan dan efek gas rumah kaca, serta permintaan air yang kian meningkat akibat dari pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan pupuk dan pestisida kimia sintetis secara terus-menerus merupakan persoalan yang paling mendesak apabila berbicara soal pertanian berkelanjutan (Gomiero, Pimentel dan Paoletti, 2011). Pendekatan berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk meminimalisir kehilangan hasil panen yang disebabkan oleh aktivitas hama dan mengurangi dampak pengelolaan hama terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Baker, Green & Loker, 2020).

Pengurangan penggunaan pestisida dan risiko terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungan dapat dilakukan dengan pendekatan pengendalian hama berkelanjutan yaitu pengendalian hama terpadu (PHT) (Allahyari, Damalas dan Ebadattalab, 2017). Pengendalian hama terpadu (PHT) adalah pelengkap dan alternatif terkemuka untuk pestisida sintetis dan bentuk intensifikasi berkelanjutan yang sangat penting dan menguntungkan tidak hanya bagi petani, tetapi juga lingkungan yang lebih luas dan kesehatan manusia karena pendekatan PHT menghasilkan penggunaan pestisida yang lebih rendah (Pretty & Bharucha, 2015). Keuntungan menggunakan pendekatan PHT tidak dapat diabaikan, karena pendekatan ini layak secara ekonomi dan sebagian besar lingkungan (Sims, 2018).

Untuk meminimalisir kehilangan hasil panen yang disebabkan oleh aktivitas hama dan mengurangi dampak pengelolaan hama terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dapat dilakukan dengan penerapan pengendalian hama terpadu, seperti menggunakan serangga entomofagus yang merupakan musuh alami karena dengan memanfaatkan keanekaragaman musuh alami dapat menyebabkan meningkatnya penekanan serangga hama (Evans, 2016). Pemahaman bahwa serangga menjadi organisme pengganggu tanaman (OPT) menyebabkan berkembangnya pestisida kimia sintetis yang pada dasarnya kimia sintetis ini dapat mengakibatkan hama tersebut resisten serta kehidupan serangga lainnya seperti serangga predator secara tidak sengaja ikut terganggu bahkan dapat ikut terbunuh (Wiranto, Siswanto dan Trisawa, 2013). Padahal pada kenyataannya serangga memiliki banyak peran dalam bidang pertanian (Meilin & Nasamsir, 2016). Oleh karena itu, tindakan untuk melindungi keanekaragaman hayati serangga sangat perlu dilakukan (Montgomery *et al.*, 2020). Berbagai analisis mengenai peran serangga dalam bidang pertanian sebenarnya sudah banyak dilakukan, beberapa diantaranya seperti penelitian mengenai peran serangga sebagai polinator, dekomposer, predator dan parasitoid serta bioindikator. Akan tetapi belum ada yang merangkum fokus manfaat suatu spesies serangga untuk pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, dibutuhkan ulasan lebih lanjut dengan tujuan untuk

mengkaji peran serangga dalam sistem pertanian berkelanjutan. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji peran serangga dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

SERANGGA SEBAGAI PREDATOR

Serangga predator adalah serangga yang memangsa serangga lain sebagai sumber pakanya dengan cara memakan secara langsung (keseluruhan tubuh mangsa) ataupun secara bertahap. Biasanya ukuran tubuh predator lebih besar dari mangsanya (*prey*). Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, pada umumnya predator lebih dari satu individu. Sebagai contoh predator generalis adalah laba-laba atau spiders yang dapat memangsa berbagai jenis serangga. Dari sekian banyak ordo serangga, ordo yang spesies anggotanya banyak berperan sebagai predator diantaranya adalah Odonata, Hemptera dan Coleoptera. Contoh salah beberapa spesies predator yang sering ditemui ialah *Menochilus sexmaculatus* (Gambar 1), *Cosmolestes picticeps* dan *Mantis religiosa* (Gambar 2) yang memangsa telur, larva kecil kumbang dan hama lepidoptera, serta memangsa arthropoda yang lambat dengan tubuh lunak seperti kutu daun, jasad, thrips, kutu kebul, sisik, kutu putih dan tungau. (Saleh *et al.*, 2019). Cara predator visual yang memburu mangsanya secara aktif telah mendapat perhatian khusus, namun sebagian besar predator yang memburu mangsanya dengan cara duduk dan menunggu sebagian besar diabaikan, salah satu contohnya adalah belalang sembah (Gambar 2) dan sering menggunakan kripsiis saat memangsa buruannya serta menggunakan serangan raptorial yang berasal dari kaki depannya yang sangat dimodifikasi (Rossoni & Niven, 2020). Usaha untuk mewujudkan pengelolaan hama terpadu (PHT), yang berdasar pada manipulasi musuh alami telah meningkat dengan musuh alami seperti kumbang betina berbintik tujuh, belalang sembah (Gambar 2), laba-laba serta semut yang termasuk pemangsa kutu umum juga termasuk kontrol yang cukup (Pagore *et al.*, 2021).

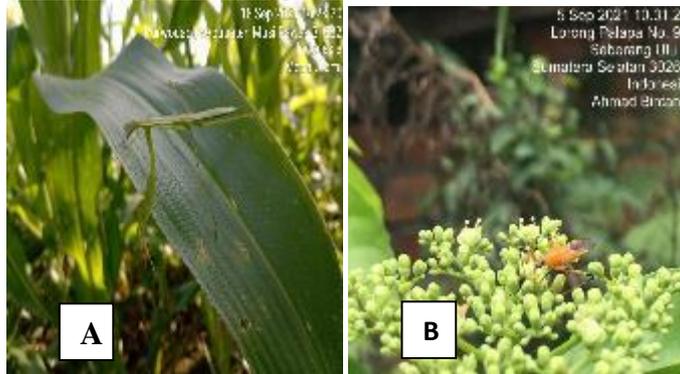
Seluruh spesies yang merupakan predator serangga adalah agen pengendalian hayati. Predator tidak hanya memangsa satu mangsanya, tetapi lebih dari satu mangsa untuk memenuhi perkembangan hidupnya agar dapat tumbuh dengan baik, dan sering kali memangsa secara rakus agar dapat bereproduksi. Acari, Arachnida, Opiliones, dan laba-laba adalah predator pada umumnya, serta serangga dengan ordo Odonata (capung), Diptera (lalat) dan Hymenoptera (lebah, semut, dan tawon) juga terdapat spesies musuh alami yang berperan sangat penting pada sistem pertanian berkelanjutan. Walaupun terdapat pengecualian, rata-rata predator adalah pemakan generalis yang memakan lebih dari satu tingkat trofik. (Cock *et al.*, 2012).

Interaksi antara pemangsa dengan mangsanya dapat dibuat pada agroekosistem pada tahap pertama, yakni dengan melakukan diversifikasi lingkungan di sekeliling lahan dengan penanaman pohon-pohon (Leakey, 2014). Seperti menanam cemara kolam (*Taxodium ascendens*) sebagai tempat hidup laba-laba yang memangsa hama wereng di sekeliling lahan padi, perkebunan kopi yang di sekitarnya ditanami pohon yang dapat menyediakan habitat bagi beberapa predator yang berperan penting dalam pengendalian hama. Sifat-sifat seperti ini adalah bentuk dari strategi pengelolaan hama terpadu, yang mana dengan mengurangi penggunaan pestisida dengan memanfaatkan fungsi alami (Leakey, 2014). Persawahan yang memiliki tumbuhan di sekitarnya memiliki fungsi sebagai penyedia habitat alami bagi arthropoda entomofagus (Karenina *et al.*, 2020) dalam penelitiannya, arthropoda entomofagus banyak memilih *Zinnia* sp. dan *M. charantia* sebagai habitat hidupnya. *Zinnia* sp. memiliki populasi arthropoda entomofagus yang lebih tinggi ketimbang padi sebagai habitat aslinya, sedangkan pada tanaman sayuran, *M. charantia* adalah alternatif habitat yang sangat digemari oleh arthropoda entomofagus dan

lebih menguntungkan dibandingkan *Zinnia* sp. untuk arthropoda entomofagus konservasi, serta dapat meningkatkan produktivitas lahan juga (Karenina *et al.*, 2020).



Gambar 1. Spesies serangga predator: *Menochilus sexmaculatus*



Gambar 2. Spesies serangga predator: *Mantis* sp. (A) dan *Cosmolestes* sp. (B)

SERANGGA SEBAGAI PARASITOID

Parasitoid merupakan spesies serangga yang biasanya meletakkan telurnya di dalam atau dapat juga diluar tubuh dari serangga lain yang dijadikannya sebagai inang (Zhang *et al.*, 2019). Parasitoid pada umumnya memiliki tubuh yang lebih kecil dari serangga yang diparasitnya. Parasitoid memarasit hanya pada stadia larva sedangkan pada stadia imago biasanya parasitoid meninggalkan inangnya. Perbedaan parasitoid dapat dilihat dari caranya memarasit serangga inang. Ektoparasitoid yaitu jenis parasitoid yang memarasit tubuh luar inang, sedangkan endoparasitoid ialah jenis parasitoid yang memarasit tubuh inang dengan cara meletakkan telurnya di dalam tubuh inang (Wan *et al.*, 2019). Selain itu, perilaku imago betina parasitoid yang meletakkan telurnya pada serangga inang yang telah diparasit oleh parasitoid lain sehingga dapat menghasilkan persaingan antar larva parasitoid disebut superparasitisme (Elkhouly, 2020). Larva parasitoid yang berkembang nantinya akan menyerap nutrisi dari inang tersebut sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya (Wang *et al.*, 2020).

Parasitoid memiliki peran penting dalam cara mengendalikan hama secara hayati. Menurut (Monticelli *et al.*, 2021) Parasitoid yang digunakan sebagai agen pengendalian hayati sering kali memarasit lebih dari satu spesies inang dan inang ini cenderung bervariasi dalam kesesuaiannya untuk perkembangan keturunan. Parasitoid dari spesies inang yang tidak sesuai dapat secara tidak langsung meningkatkan populasi spesies inang yang sesuai jika telur diletakkan pada inang yang tidak sesuai maka telur tersebut tidak akan berkembang menjadi parasitoid dewasa. Dalam hal ini, inang yang tidak cocok bertindak sebagai penampung telur parasitoid dan dapat mengurangi parasitisme inang

yang sesuai dalam kondisi pembatasan telur. Pengendalian hayati yang dilakukan dengan menggunakan spesies parasitoid telah banyak digunakan. Beberapa parasitoid yang berperan sebagai parasit telur yaitu *Telenomus* sp yang memarasit telur *Spodoptera frugiperda* (Gambar 3), *Trichogramma japonicum*, *Tetrastichus* sp. (Gambar 3), Beberapa jenis parasitoid yang berperan dalam memarasit larva inang (parasitoid larva) yaitu *Eriborus argenteopilosus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Peribaea orbata* (Diptera: Tachinidae) dan *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae) (Uge *et al.*, 2021). Berbagai spesies parasitoid ini dapat dipelihara secara massal dan dilepaskan pada ekosistem yang bertujuan untuk mengendalikan beberapa jenis hama pada berbagai jenis tanaman (Postic *et al.*, 2021).



Gambar 3. Spesies serangga parasitoid: *Telenomus* sp. (Hymenoptera)

SERANGGA SEBAGAI DEKOMPOSER

Serangga dekomposer dapat menjadi pengurai serasah tanaman dengan membantu pelapukan serasah tanaman yang ada pada tanah secara langsung akan menambah kandungan bahan organik tanah sehingga berpengaruh terhadap keseimbangan tanaman karena mendapatkan kandungan bahan organik yang optimal. Pada populasi serangga dekomposer semakin meningkat ketika sumber makanan serangga dekomposer banyak secara langsung mikroorganisme akan menguraikan lebih cepat untuk menjadi bahan organik tanah yang tersedia banyak. Serangga dekomposer sangat bergantung pada sumber makanan yang didapatkan dari tanaman mati, hewan mati dan kotoran hewan (Neher dan Barbercheck 2019). Serangga dekomposer akan terus melakukan aktivitas penguraian dengan kelimpahan tanaman, hewan mati dan kotoran hewan yang ada pada lingkungan tanah tempat serangga tanah tinggal sehingga semakin banyak kelimpahan serangga tanah akan meningkatkan kesuburan tanah sehingga mempercepat laju pembentukan bahan organik tanah (Hani 2019). *Dolichoderus thoracicus* merupakan spesies serangga dari ordo Hymenoptera yang berperan dalam pengurai untuk pembentukan bahan organik tanah sebagai pemakan hewan dan tumbuhan mati. Populasi serangga tanah pada berbagai spesies yang ditemukan pada siang hari banyak ditemukan yaitu *Dolichoderus thoracicus* (Gambar 4). Keanekaragaman *Dolichoderus thoracicus* tetap stabil walaupun lingkungan mengalami perubahan abiotik yaitu dapat didukung pada lingkungan dengan panas dan cahaya maka serangga tanah aktif pada siang hari (Rezatinur, *et. al.* 2016). *Scarabaeus laticolis* atau kumbang kotoran dari ordo Coleoptera memiliki peran penting dalam pembentukan tanah sehingga tanah mempunyai kandungan unsur hara yang baik untuk tanah dan tanaman karena *Scarabaeus laticolis* melakukan proses dekomposer yaitu kegiatan daur ulang kotoran hewan berada di tanah dengan cara dibenamkan dalam tanah

sehingga terjadi proses penguraian dan nutrisi akan bertambah untuk tanah (Kaleri *et al.*, 2020). Kelimpahan spesies hewan yang ada pada tanah mempengaruhi *Scarabaeus laticolis*, semakin banyak spesies hewan maka kotoran akan semakin banyak yang akan mengundang kelimpahan dan aktivitas *Scarabaeus laticolis* sebagai dekomposer tanah dalam bahan organik tanah (DeCastro-Arrazola *et al.*, 2020). Keberadaan serangga tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah, tanah dengan kondisi baik maka serangga tanah memiliki kelimpahan yang banyak sehingga dapat menjadi indikator kesuburan tanah dan lingkungan yang stabil. Oleh karena itu, peran serangga tanah perlu ditingkatkan secara alami agar serangga tanah terus meningkat dan memperbaiki bahan organik tanah untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan (Lahati dan Ladjinga 2021).



Gambar 4. Spesies serangga dekomposer: *Dolichoderus thoracicus* sedang menguraikan cacing yang telah mati

SERANGGA SEBAGAI POLINATOR

Serangga memiliki peran yang penting dalam perkembangan tanaman, salah satunya sebagai pollinator atau membantu dalam penyerbukan tanaman (Meilin dan Nasamsir, 2016). Produktivitas tanaman dapat dipengaruhi oleh serangga penyerbuk. Oleh karena itu, interaksi antara serangga penyerbuk dan tanaman sangat dibutuhkan. Serangga penyerbuk mengambil nektar bunga dan serbuk sari yang berada pada bunga ikut terbawa dan melekat pada tungkai, kemudian Ketika serangga penyerbuk berpindah ke bunga yang lain maka proses pembuahan akan terjadi karena serbuk sari yang terbawa sebelumnya jatuh. Ciri serangga pollinator biasanya memiliki sepasang atau dua pasang sayap dan juga biasanya memiliki rambut-rambut halus disekitar tubuhnya. Spesies yang banyak berperan sebagai serangga penyerbuk berasal dari Hymenoptera (Gambar 5), Lepidoptera (Gambar 6), dan Diptera (Gambar 7) sangat menguntungkan bagi tanaman, terutama pada pertanian berkelanjutan. Sistem polikultur di dalam pertanian berkelanjutan dapat mengundang berbagai jenis spesies serangga penyerbuk (Benoit *et al.*, 2013). Keanekaragaman tanaman yang beragam dapat menarik perhatian serangga penyerbuk (Majewska & Altizer, 2020). Karena serangga penyerbuk tertarik terhadap warna dan bentuk tanaman. Semakin luas lahan pertanian polikultur maka semakin banyak keanekaragaman spesies serangga penyerbuk. Sistem pertanian non polikultur dapat menurunkan keanekaragaman spesies serangga (Nicholls & Altieri, 2013). Menurunnya keanekaragaman jenis serangga berpengaruh besar terhadap pertanian. Selain itu kehadiran serangga penyerbuk berpengaruh terhadap keanekaragaman serangga disekitarnya. Jika menurunnya populasi serangga penyerbuk maka menurun juga populasi serangga disekitarnya.



Gambar 5. Spesies serangga penyerbuk dari ordo: Hymenoptera



Gambar 6. Spesies serangga penyerbuk dari ordo: Lepidoptera



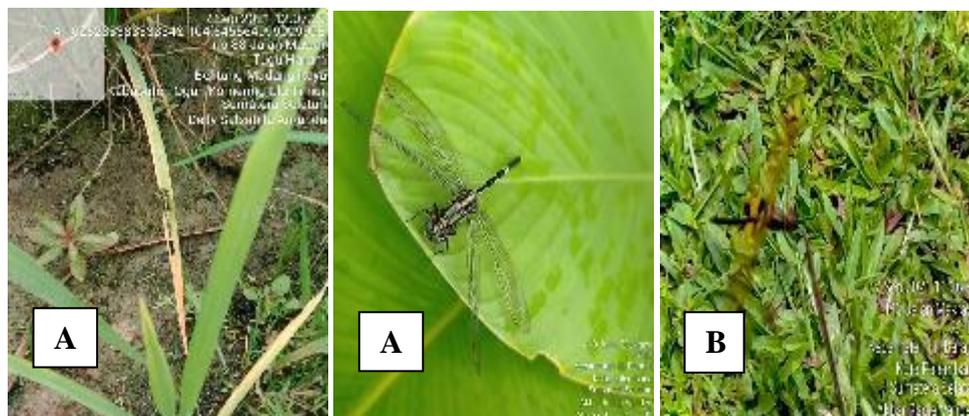
Gambar 7. Spesies serangga penyerbuk dari ordo: Diptera

SERANGGA SEBAGAI BIOINDIKATOR AGROEKOSISTEM YANG TERCEMAR INSEKTISIDA SINTETIK

Dalam pertanian berkelanjutan serangga serangga termasuk unsur yang paling penting dalam organisme indikator lingkungan perairan. Kualitas air dapat mempengaruhi keberagaman makhluk hidup yang hidup pada suatu perairan termasuk dalam pertanian, serangga memiliki fungsi penting sebagai bioindikator karena beberapa jenis serangga sangat peka terhadap lingkungan, oleh karena itu, serangga bermanfaat sebagai biomonitor kondisi pencemaran perairan (Colares *et al.*, 2021). Sekelompok serangga yang memiliki peran penting sebagai bioindikator ialah serangga akuatik, yang banyak menghabiskan waktunya di dalam air (Choudary dan Ahi, 2015). Kelimpahan spesies serangga akuatik sebagai bioindikator air dipengaruhi oleh lingkungan, organisme perairan dapat terganggu hingga dapat terbunuh akibat terlalu banyaknya bahan pencemar dalam perairan (Popoola dan Otalekor, 2011). Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian (Ueno, 2012) yang menunjukkan bahwa sistem budidaya padi organik (pertanian berkelanjutan) bisa

menyediakan habitat untuk pemerataan dan perbanyak spesies serangga akuatik. Sedangkan pertanian sawah konvensional yang menggunakan bahan sintetik bisa menghasilkan residu yang dapat tercampur ke perairan sawah hingga meracuni kelimpahan serangga bioindikator yang juga berperan sebagai predator (Herlinda *et.al.*, 2020).

Keanekaragaman dan kelimpahan spesies serangga bioindikator dapat menjadi indeks yang baik mencerminkan kesehatan agroekosistem di sawah (Ueno, 2012). Ordo serangga yang spesies anggotanya banyak berperan sebagai bioindikator, antara lain adalah Hemiptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata (Barman & Gupta, 2015). Contoh beberapa serangga yang berperan sebagai bioindikator berdasarkan (Purwanto *et al.*, 2014) adalah *Orthetrum sabina*, dan *Rhyothemis phyllis* (Gambar 8). Spesies serangga bioindikator dalam ekosistem yang memiliki kelimpahan tertinggi dengan jenis dan bentuk yang beranekaragam berasal dari famili *Libellulidae* ordo Odonata (Penagos *et.al.*, 2021). Capung (Odonata) adalah serangga akuatik yang sebagian besar hidupnya dihabiskan di perairan dan merupakan salah satu ordo serangga yang menjadi bioindikator lingkungan, karena habitatnya tidak dapat dipisahkan dari air (Choudary dan Ahi, 2015). Oleh karena itu, Odonata adalah kelompok yang sangat baik untuk mengeksplorasi kesehatan lingkungan perairan (Bybee *et al.*, 2016).



Gambar 8. Spesies serangga bioindikator: *Orthetrum sabina* (A) dan *Rhyothemis phyllis* (B)

KESIMPULAN

Dari ulasan ini, dapat disimpulkan bahwa serangga tidak selamanya berperan negatif namun banyak memiliki peran positif khususnya dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Pada pertanian berkelanjutan peran serangga perlu diperhatikan, banyak aspek yang dapat menunjang dalam keberhasilan pertanian berkelanjutan. Seperti peran serangga sebagai polinator, dekomposer, dan parasitoid yang didominasi dari ordo Hymenoptera. Kemudian, peran serangga sebagai bioindikator didominasi dari ordo Odonata. Serta peran serangga sebagai predator didominasi dari ordo Coleoptera. Kombinasi dari berbagai aspek serangga tersebut dapat mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada kak Fairuz Fawwazi yang telah membantu kami dalam proses pengamatan parasitoid di Laboratorium Entomologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Majewska AA, Altizer S. 2020. Planting gardens to support insect pollinators. *Conserv. Biol.* 00(0):15–25.
- Allahyari MS, Damalas CA dan Ebadattalab M. 2017. ‘Farmers’ Technical knowledge about integrated pest management (IPM) in olive production. *Agriculture (Switzerland)*. 7(12):1–9.
- Baker BP, Green TA dan Loker AJ. 2020. Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Biological Control*. 140(2):1–19.
- Barman B, Gupta S. 2015. Aquatic insects as bio-indicator of water quality a study on bakuamari stream, chakras hila wildlife sanctuary, assam, North East India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3(3): 178–186.
- Benoit Geslin, Benoit Gauzens, Elisa Thebault ID. 2013. Plant Pollinator Networks along a Gradient of Urbanisation. *PloS one*. 8(5):1–13.
- Bybee S, Aguilar AC, Duryea MC, Futahashi R, Hansson B, Caraballa MOL, Schilder R, Stoks R, Suvorov A, Svensson EI, Swaegers J, Takahashi Y, Watts PC, Wellenreuther M. 2016. Odonata (dragonflies and damselflies) as a bridge between ecology and evolutionary genomics. *Frontiers in Zoology*. 13(46):1–20.
- Choudary A, Ahi J. 2015. Biodiversity Of Freshwater Insects: A Review. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*. 4(10):25–31.
- Nicholls CI, Altieri MA. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. *J. Agron. Sustain. Dev.* 33(2):257–274.
- Cock MJW, Biesmeijer JC, Cannon RJC, Gerard PJ, Gillespie D, Jimenez JJ, Lavelle PM, dan Raina SK. 2012. The positive contribution of invertebrates to sustainable agriculture and food security. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 7(043):11-28.
- Colares C, Roza AS, Mermudes JRM, Silveira LFL, Khattar G, Mayhew PJ, Monteiro RF, Nunes MFSQC, Macedo MV. 2021. Elevational specialization and the monitoring of the effects of climate change in insects: beetles in a brazilian rainforest mountain. *Ecological Indicators*. 120(88):1470-1480.
- DeCastro-Arrazola I, Joaquín Hortal, Jorge Ari Noriega, Francisco Sánchez-Piñero. 2020. Assessing the functional relationship between dung beetle traits and dung removal, burial, and seedling emergence. *Ecology*. 101(10): 1–7.
- Elkhouly AR. 2020. Evaluation of super parasitism behavior of the larval pupal endoparasitoid opius pallipes wesmael (*Hymenoptera : Braconidae*) On the serpentine leafminer liriomyza. *J Agri Life Sci*. 4472(4):120–125.
- Evans EW. 2016. Biodiversity, Ecosystem functioning, and lassical biological control. *Applied Entomology and Zoology*. 51(2):173–184.
- Gomiero T, Pimentel D and Paoletti MG. 2011. Is there a need for a more sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 30(1):6–23.
- Hani A. 2019. Diversity of soil macro fauna and its role on soil fertility in manglid agroforestry. *Indonesian Journal of Forestry Research*. 6(1): 61–68.
- Herlinda S, Alesia M, Susilawati, Irsan C, Hasbi, Suparman, Anggraini E, Arsi. 2020. Impact of mycoinsecticides and abamectin applications on species diversity and abundance of aquatic insects in rice fields of freshwater swamps of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 21(7):3076–3083.
- Kaleri AR, Ma J, Jakhar AM, Hakeem A, Ahmed A, Napar WPF, Ahmed S, Han Y, Abro SA, Nabi F, Tan C, Kaleri AH. 2020. Effects of dung beetle-amended soil on growth, physiology, and metabolite contents of bok choy and improvement in soil conditions.

- Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 20(4): 2671–83.
- Karenina T, Herlinda S, Irsan C, Pujiastuti Y. 2020. Arboreal Entomophagous arthropods of rice insect pests inhabiting adaptive vegetables and refugia in freshwater swamps of South Sumatra. *Journal of Agricultural Science*. 42(2):214–228.
- Leakey RRB. 2014. The role of trees in agroecology and sustainable agriculture in the tropics. *Annual Review of Phytopathology*. 52(07):113–133.
- Meilin A, Nasamsir. 2016. Serangga dan perannya dalam bidang pertanian dan kehidupan. *Jurnal Media Pertanian*. 1(1):18-30.
- Montgomery GA, RR Dunn, R Fox, E Jongejans, SR Leather, ME Saunders, CR Shortall, WM Tingley, LD Wagner. 2020. Is the insect apocalypse upon us? How to find out. *Biological Conservation*. 24(1):1-18.
- Monticelli LS, Desneux N, Heimpel GE. 2021. Parasitoid-mediated indirect interactions between unsuitable and suitable hosts generate apparent predation in microcosm and modeling studies. *Journal of Sustainable Ecology and Evolution*. 11(6):2449–2460.
- Neher, Deborah A dan Mary E Barbercheck. 2019. Soil microarthropods and soil health: intersection of decomposition and pest suppression in agroecosystems. *Journal of Insects*. 10(12): 1–13.
- Pagore GK, Devi YK, Kumar K, Thorhate P. 2021. Role of natural enemies parasitoids and predators in management of insect pest of cauliflower: a review. *The Pharma Innovation Journal*. 10(5):305–311.
- Penagos CCM, Calvao LB, Juen L. 2021. A new biomonitoring method using taxonomic families as substitutes for the suborders of the odonata (Insecta) in Amazonian Streams. *Ecological Indicators*. 124(88):1–12.
- Popoola K, Otalekor A. 2011. Analysis of aquatic insects communities of awba reservoir and its physico-chemical properties. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*. 3(4): 422-428.
- Postic E, Outreman Y, Derocles S, Granado C, Le Ralec A. 2021. Genetics of wild and mass-reared populations of a generalist aphid parasitoid and improvement of biological control. *PLOS ONE*. 16(4):1–20.
- Purwanto PB, Zaman MN, PA Ike, Akbar M, Arief M. 2019. Study of odonata diversity in kerangas forest Sukadamai Village and Punai Beach Simpang Pesak, Belitung Timur, in *Proc. Internat. Conf. Sci. Engin*: 2, p. 133-136.
- Pretty J, Bharucha ZP. 2015. Integrated Pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1):152–182.
- Rezatinur, Wita, Nuril Ilma, Lya Meryanti, Rosita. 2016. Populasi serangga permukaan tanah diurnal pada biotop terdedah dan ternaung di Gampong Rinon Pulo Breuh Kecamatan Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar, in *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2016*. Kabupaten Aceh Besar: p. 154–57.
- Rossoni S, Niven JE. 2020. Prey speed influences the speed and structure of the raptorial strike of a ‘sit-and-wait’ predator. *Biology Letters*. 16(5):1–6.
- Saleh M, El-Wakeil N, Elbehery H, Gaafar N, Fahim S. 2019. Biological pest control for sustainable agriculture in Egypt. *Journal of Environmental Chemistry*. 77(023): 145–188.
- Sharma A. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*. 1(11):1–16.
- Sims NC. 2018. Spectral separability and mapping potential of cassava leaf damage symptoms caused by whiteflies (*Bemisia tabaci*). *Pest Management Science*. 74(1):246–255.
- Ueno T. 2012. Insect natural enemies as bioindicators in rice paddies. *CNU Journal of*

- Agricultural Science*. 39(4):545–553.
- Uge E, Yusnawan E, Baliadi Y. 2021. Pengendalian ramah lingkungan hama ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai. *Buletin Palawija*. 19(1):64–80.
- Walter A. 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*:114(24), pp. 6148–6150.
- Wan B, Goguet E, Ravallec M, Pierre O, Lemauf S, Volkoff AN, Gatti JL, Poirié M. 2019. Venom atypical extracellular vesicles as interspecies vehicles of virulence factors involved in host specificity: The Case of a *Drosophilaparasitoid* wasp. *Frontiers in Immunology*. 10(1688):1–14.
- Wang J, Song J, Fang Q, Yao H, Wang F, Song Q, Ye G. 2020. Insight into the functional diversification of lipases in the endoparasitoid *pteromalus puparum* (*Hymenoptera: Pteromalidae*) by genome-scale annotation and expression analysis. *Insects*. 11(4):1–19.
- Wiranto, Siswanto, Trisawa IM. 2013. Perkembangan penelitian, formulasi, dan pemanfaatan pestisida nabati. *J. Litbang Pert*. 32(4):150–155.
- Zhang YB, Zhang GF, Liu WX, Wan FH. 2019. Variable temperatures across different stages have novel effects on behavioral response and population viability in a host-feeding parasitoid. *Scientific Reports*. 9(1): 1–10.