

## Pemanfaatan Musuh Alami untuk Pengendalian Hayati Hama Tanaman Pangan dan Sayuran Guna Mendukung Keberhasilan Pertanian Organik

### *Use of Natural Enemies for Biological Control of insect Pests of Food Crops and Vegetables to Support Organic Farming*

**Siti Herlinda**<sup>1,2\*)</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal (PUR-PLSO), Universitas Sriwijaya, Bukit Besar 30139, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

\*)Penulis untuk korespondensi: sitiherlinda@unsri.ac.id

Sitasi: Herlinda S. 2020. Use of natural enemies for biological control of insect pests of food crops and vegetables to support organic farming. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020, Palembang 20 Oktober 2020. pp. 39-46. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

### ABSTRACT

In organic farming, synthetic fertilizers and pesticides are not used in crop cultivation so that the agricultural products are healthy and high quality. For this reason, the use of natural enemies should be applied to support the successful application of organic farming. This paper aimed to review and discuss the role of natural enemies in biological control for pests of food crops and vegetables in ecosystem of organic farming. This study was conducted with a literature study approach. From the results of the review that natural enemies have been successfully utilized for biological control for insect pests of the food and vegetable crops, namely from the predators, parasitoids and entomopathogens. Predators, for example *Pardosa pseudoannulata*, have been used with a conservation approach to control rice insect pests (*Nilaparvata lugens*). Parasitoids, such as egg parasitoids (*Trichogramma spp.*) have been released to control *Helicoverpa armigera* eggs that attacked maize and soybeans. Entomopathogenic fungi that have been shown to kill insect pests of vegetables (*Spodoptera litura*) and maize (*Spodoptera frugiperda*) are *Penicillium citrinum*, *Talaromyces diversus*, *Beauveria bassiana*, and *Metarhizium anisopliae*. So, natural enemies are very useful in controlling pests of food crops and vegetables. The presence and persistence of natural enemies in the field can support the success in application of organic farming.

Keywords: augmentation, conservation, entomopathogen, parasitoid, and predator

### ABSTRAK

Pada pertanian organik, pupuk dan pestisida sintetis tidak digunakan dalam budidaya tanaman sehingga produk pertanian yang dihasilkan sehat dan berkualitas. Untuk itu, pemanfaatan musuh alami sudah selayaknya diterapkan untuk mendukung keberhasilan dalam penerapan pertanian organik tersebut. Tulisan ini bertujuan untuk mengulas dan mengagaskan peran musuh alami dalam pengendalian hayati hama tanaman pangan dan sayuran di sistem pertanian organik. Kajian ini dilakukan dengan pendekatan studi literatur. Dari hasil ulasan diketahui musuh alami yang telah berhasil dimanfaatkan untuk

pengendalian hayati pada tanaman pangan dan sayuran, yaitu dari kelompok predator, parasitoid dan entomopatogen. Predator, misalnya *Pardosa pseudoannulata* telah dimanfaatkan dengan pendekatan konservasi untuk mengendalikan serangga hama padi (*Nilaparvata lugens*). Parasitoid, misalnya parasitoid telur (*Trichogramma* spp.) telah dilepas untuk mengendalikan telur serangga *Helicoverpa armigera* yang menyerang jagung dan kedelai. Jamur entomopatogen yang telah terbukti dapat membunuh serangga hama yang menyerang sayuran (*Spodoptera litura*) dan hama jagung (*Spodoptera frugiperda*) adalah *Penicillium citrinum*, *Talaromyces diversus*, *Beauveria bassiana*, dan *Metarhizium anisopliae*. Jadi, musuh alami sangat bermanfaat dalam mengendalikan hama tanaman pangan dan sayuran. Keberadaan dan menetapnya musuh alami di lapangan dapat mendukung keberhasilan dalam pertanian organik.

---

Kata kunci: entomopatogen, parasitoid, predator, augmentasi, konservasi

## PENDAHULUAN

Dari beberapa definisi tentang pertanian organik salah satu badan dunia yang mengatur regulasi produk organik yang berpusat di Eropa yaitu, International Federation Organic Association (IFOAM) mendefinisikan sebagai suatu proses produksi makanan dan serat yang dilakukan dengan cara-cara yang dapat diterima secara sosial, menguntungkan secara ekonomi, dan berkelanjutan secara agro-ekosistem. Di dalam SNI 6729: 2013, sistem pertanian organik melarang penggunaan pupuk dan pestisida sintetik dalam budidaya tanaman pangan dan perkebunan. Pelarangan penggunaan pestisida sintetik perlu diganti dengan pendekatan lain yang dapat memenuhi syarat untuk lulus sebagai produk organik yang dihasilkan dari sistem pertanian organik. Pendekatan pengendalian hama dan penyakit tanaman secara hayati merupakan pendekatan yang lebih banyak dipilih untuk mendukung keberhasilan dalam sistem pertanian organik. Selain itu, dengan sistem pertanian organik kinerja agens pengendali hayati cenderung lebih berhasil karena ketiadaan pestisida sintetik yang dapat mematikan musuh alami. Dengan demikian, adanya sinergisme antara penerapan pertanian organik dan eksistensi musuh alami dalam mengatur populasi hama dan penyakit tanaman.

Pengendalian hayati adalah aktivitas yang memanfaatkan musuh alami untuk mengatur populasi hama sehingga populasinya lebih rendah dibandingkan bila tidak ada musuh alami (predator, parasitoid, dan entomopatogen). Kegagalan dalam penerapan pengendalian hayati disebabkan pertanian organik belum diterapkannya dalam skala hamparan dan masih dominannya penerapan sistem pertanian konvensional yang mengaplikasikan pestisida sintetik. Pestisida sintetik selain membahayakan produk pertanian, menyebabkan kematian musuh alami (Prabawati *et al.*, 2019; Herlinda *et al.*, 2020d), kematian serangga air (Herlinda *et al.*, 2020a) dan tanah (Aldebron *et al.*, 2020). Insektisida sintetik bahkan menyebabkan resistensi dan resurgensi hama terutama di tanaman pangan dan sayuran, seperti padi, jagung, kedelai, cabai dan lain-lain.

Untuk mengatasi kegagalan dalam penerapan pengendalian hayati pada pertanaman pangan dan sayuran konvensional adalah dengan penerapan sistem pertanian organik dalam skala hamparan (Cerretti *et al.*, 2015). Pertanian organik yang umumnya menggunakan pupuk organik atau hayati dapat meningkatkan kelimpahan dan keanekaragaman spesies artropoda predator penghuni permukaan tanah (Yardin *et al.*, 2000). Tumpang sari pada pertanian organik bermanfaat meningkatkan kelimpahan dan keanekaragaman spesies parasitoid dan artropoda predator karena habitat dan relung lebih sesuai untuk musuh alami tersebut (Bueren *et al.*, 2011; Bedoussac *et al.*, 2015). Pertanian organik yang memanfaatkan mulsa organik, misalnya jerami atau seresah sangat mendukung keberadaan

habitat untuk laba-laba yang dapat memangsa artropoda hama tanaman pangan dan sayuran.

Belum banyak informasi yang mengulas tentang pemanfaatan musuh alami pada sistem pertanian organik terutama di ekosistem tanaman pangan dan sayuran. Informasi ini diperlukan untuk mendukung keberhasilan pengendalian hayati pada tanaman pangan dan sayuran. Untuk itu, pemanfaatan musuh alami sudah selayaknya diterapkan untuk mendukung keberhasilan dalam penerapan pertanian organik tersebut. Tulisan ini bertujuan untuk mengulas dan mengagas peran musuh alami dalam pengendalian hayati hama tanaman pangan dan sayuran di sistem pertanian organik.

## **PENDEKATAN DALAM PERTANIAN ORGANIK YANG MENDUKUNG PENGENDALIAN HAYATI**

### **Persiapan lahan**

Lahan yang akan dipergunakan dalam sistem pertanian organik dipastikan lahan tersebut selama minimal 3 tahun terbebas dari senyawa kimia sintetis yang umumnya berasal dari pestisida sintetis ataupun pupuk sintetis (Poungsuk *et al.*, 2016). Penyiangan tumbuhan liar dan gulma dilakukan secara mekanis, misalnya penyiangan menggunakan cangkul atau alat mesin pertanian yang selain berfungsi mengolah tanah sekaligus melakukan pembenaman gulma atau tumbuhan liar pengganggu lainnya. Penyiangan tidak diperkenankan menggunakan herbisida sintetis (Bond and Grundy, 2001). Untuk mencegah pertumbuhan gulma menggunakan penutup tanah berupa cover crop sangat disarankan dalam pertanian organik (Rivers *et al.*, 2020).

### **Benih dan Persemaian**

Benih yang digunakan pada sistem pertanian organik umumnya benih varietas unggul dan bersertifikat. Benih diberi perlakuan menggunakan bahan alami atau bahan yang bukan sintetis. (Bruggen and Finckh, 2015) menyatakan perlakuan benih pada sistem pertanian organik dapat dilakukan dengan cara fisik menggunakan air hangat atau uap panas dan segera dikeringkan. Cara kedua dengan menggunakan ekstrak tumbuhan yang bersifat toksik terhadap patogen benih. Cara terakhir dilakukan dengan cara melapisi benih dengan jamur atau bakteri antagonis patogen tumbuhan dan entomopatogen, misalnya jamur atau bakteri entomopatogen yang merupakan musuh alami serangga hama. Begitu juga dengan perlakuan benih terhadap patogen tanaman dapat menggunakan benih dari varietas tahan, rotasi tanaman, penggunaan senyawa toksik dari tumbuhan, atau penggunaan agens hayati antagonis (Bruggen and Termorshuizen, 2003).

### **Penanaman**

Penanaman dalam pertanian organik dapat dilakukan secara monokultur ataupun polikultur. Penanam secara monokultur umumnya dilakukan pada tanaman pangan, seperti padi, jagung, kedelai. Namun, jagung sering juga ditumpangsarikan dengan sayuran. Tumpangsari pada pertanian organik sangat menguntungkan karena dengan tumpangsari serangga hama kelompok monofag dan oligofag dapat menurun populasinya. Misalnya tumpangsari antara tomat dan sayuran keluarga Brassicacea dapat menurunkan populasi serangga hama, *Plutella xylostella* yang menyerang kubis, sawi, brokoli, caisim dan lain-lain dalam keluarga Brassicacea ini. Hal ini disebabkan *P. xylostella* kurang mampu mendeteksi bau Brassicacea bila ditumpangsarikan dengan tomat dan bau tomat membingungkan imago *P. xylostella* dalam mendeteksi keberadaan sayuran Brassicacea. Tumpangsari juga menguntungkan bagi peningkatan kelimpahan dan keanekaragaman

spesies artropoda predator dan parasitoid karena nektar dan serbuk sari dari bunga tanaman yang ditumpangsarikan, misalnya bunga tomat dapat berperan sebagai pakan sumber karbohidrat dan protein. Beberapa hasil penelitian (Herlinda *et al.*, 2019; Karenina *et al.*, 2019, 2020) menunjukkan penanaman sayuran, seperti pare, kacang panjang, kisik, ketimun di pematang sawah dapat meningkatkan kelimpahan dan keanekaragaman spesies artropoda predator dan parasitoid.

Rotasi tanaman pada sistem pertanian organik dapat menurunkan populasi serangga hama kelompok monofag dan oligofag. Hal ini disebabkan dalam rotasi tanaman yang digilirkan pada musim berikutnya berasal dari famili (keluarga) yang berbeda sehingga serangga hama monofag dan polifag akan terputus siklus hidupnya. Selain itu, penyakit tanaman juga menurun karena patogen tanaman musim sebelumnya tidak dapat meneruskan siklus hidupnya di musim berikut. Rotasi padi dengan kedelai dapat meningkatkan kesuburan tanah meningkatkan kadar nitrogen tanah.

### **Pemupukan**

Pemupukan pada sistem pertanian organik tidak mengaplikasikan pupuk sintetik. Pupuk yang direkomendasikan untuk pertanian organik adalah pupuk organik dan hayati. Pupuk organik dapat berupa pupuk kandang dari kotoran ternak, kompos padat dan pupuk organik cair (POC). Menurut Juarsah (2014) pupuk organik dan hayati dapat meningkatkan keanekaragaman spesies dan kelimpahan mikroba tanah. Selain itu, pupuk organik dapat meningkatkan kumbang predator tanah yang (Aldebron *et al.*, 2020), serangga perombak dan pengurai (Clough *et al.*, 2007). Pupuk organik juga dapat mempertahankan eksistensi entomopatogen pengendali serangga hama

### **Pengendalian Hama, Penyakit, dan Gulma**

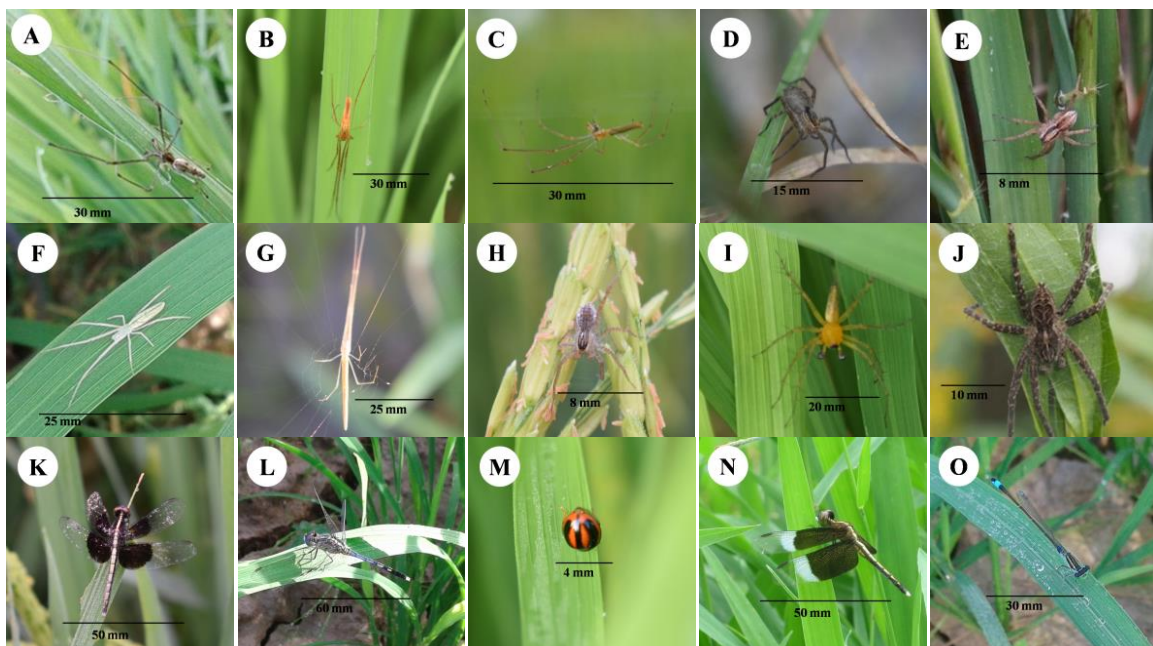
Pengendalian hama yang dapat mendukung keberhasilan dalam pertanian organik, antara lain pengendalian secara hayati, fisik dan mekanik, kultur teknis, varietas tahan, penggunaan jantan mandul. Pengendalian penyakit tanaman juga dapat dilakukan secara hayati, kultur teknis, dan varietas tahan. Metode pengendalian tersebut semuanya tidak menggunakan senyawa kimia sintetik. Untuk pengendalian gulma dapat dilakukan secara mekanik disiangi dengan mesin pemotong, arit, parang ataupun cangkul. Namun, pada sistem pertanian organik umumnya gulma disiangi tidak sampai gundul dan biasanya serasah bekas gulma ditimbun di sekitar pertanaman untuk menjaga kelembaban tanah tetap tinggi dan dapat menjadi habitat bagi artropoda predator, seperti laba-laba atau kumbang predator. Gulma menurut Bond and Grundy (2001) efektif dikendalikan dengan tanaman penutup tanah yang fungsinya selain menekan pertumbuhan dan perkembangan gulma juga dapat meningkatkan kesuburan tanah.

## **PENGENDALIAN HAYATI PADA TANAMAN PANGAN DAN SAYURAN DI SISTEM PERTANIAN ORGANIK**

Pemanfaatan musuh alami, seperti predator, parasitoid dan entomoptogen pada tanaman pangan dan sayuran telah banyak dilaporkan berhasil menekan populasi hama, terutama untuk pertanaman yang mulai merintis ke arah pertanian organik atau yang telah mulai mengurangi penggunaan pestisida dan pupuk sintetik. Keberadaan predator generalis yang melimpah pada tanaman padi, seperti *Pardosa pseudoannulata* mampu menekan populasi wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) (Daravath and Chander, 2017). Jamur entomopatogen yang telah terbukti dapat membunuh serangga hama utama sayuran, *Spodoptera litura* adalah *Penicillium citrinum*, *Talaromyces diversus*, *Beauveria bassiana*,

dan *Metarhizium anisopliae* (Herlinda *et al.*, 2020b). Hama pendatang baru yang menyerang jagung (*Spodoptera frugiperda*) juga dapat terbunuh oleh jamur entomopatogen, *Metarhizium* sp. (Herlinda *et al.*, 2020c).

Artropoda predator yang telah terbukti dapat menetap pada pertanaman padi yang tidak diaplikasikan pestisida sintetik, antara lain *Tetragnatha virescens*, *Tetragnatha vermivormis*, *Tetragnatha ilavaca*, *Pardosa pseudoannulata* (Gambar 1) (Hanif *et al.*, 2020). Selain menetap pada tanaman padi, artropoda predator juga dapat menetap pada tanaman sayuran ataupun refugia di sekitar tanaman padi (Tabel 1). Pada sistem budidaya wortel organik keberadaan serangga predator dari keluarga Staphylinidae (Coleoptera) (Berry *et al.*, 2010). Lahan kedelai yang ditanam secara organik dengan penutup tanah (*cover crop*) tapi tanpa olah tanah, mampu meningkatkan kelimpahan artropoda predator dan kemampuan predasinya, sedangkan populasi hama kelompok siput menurun (Rivers *et al.*, 2020).



Gambar 1. Artropoda predator yang ditemukan pada tanaman padi yang tidak diaplikasikan insektisida sintetik: *Tetragnatha virescens* (A), *Tetragnatha vermivormis* (B), *Tetragnatha ilavaca* (C), *Pardosa pseudoannulata* (D), *Pardosa sumatrana* (E), *Tetragnatha maxillosa* (F), *Tetragnatha javana* (G), *Pardosa birmanica* (H), *Oxyopes javanus* (I), *Pardosa pulata* (J), *Libellula* sp. (K), *Orthetrum sabina* (L), *Micraspis inops* (M), *Libellula luctuosa* (N), *Ischnura senegalensis* (O) (Hanif *et al.*, 2020)

Pupuk hijau (green manuring) yang berperan sebagai penutup tanah di pertanaman sayuran organik dapat meningkatkan kelimpahan laba-laba dan predator generalis lainnya yang aktif di permukaan tanah dibandingkan di lahan konvensional (Depalo *et al.*, 2020). Pada pertanaman tomat yang dipupuk menggunakan pupuk kandang dari kotoran sapi, populasi kumbang dan kutudaun (*flea beetle* dan *aphid*) tomat menurun dan kelimpahan serangga predator (Anthocoridae, Coccinellidae, dan Chrysopidae) meningkat dibandingkan pada pertanaman konvensional yang dipupuk dengan NPK sintetik (Yardin *et al.*, 2000).

Tabel 1. Artropoda predator yang ditemukan di tumbuhan dan tanaman sayuran di sekitar pertanaman padi

| Species                             | Kelimpahan artropoda predator (ekor/rumpun) |          |         |        |        |              |          |              |
|-------------------------------------|---|----------|---------|--------|--------|--------------|----------|--------------|
|                                     | Zinnia                                      | Marigold | Kenikir | Sesame | Cowpea | Bitter melon | Cucumber | Ridged gourd |
| <i>Pardosa</i> sp.                  | 0.009                                       | 0        | 0       | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Argiope</i> sp.                  | 0.005                                       | 0        | 0       | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Tetragnatha virescens</i>        | 0   | 0        | 0       | 0      | 0.005  | 0            | 0        | 0            |
| <i>Tetragnatha mandibulata</i>      | 0.023                                       | 0        | 0.005   | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| Linyphiidae ( <i>unknown</i> sp.)   | 0   | 0        | 0.005   | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Oxyopes matiensis</i>            | 0.032                                       | 0        | 0       | 0.005  | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Oxyopes javanus</i>              | 0.005                                       | 0        | 0       | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| Thomisidae ( <i>unknown</i> )       | 0   | 0.005    | 0       | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Cosmophasis</i> sp.              | 0.045                                       | 0.018    | 0       | 0.014  | 0      | 0            | 0        | 0            |
| Salticidae ( <i>unknown</i> sp.)    | 0.005                                       | 0        | 0       | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Menochilus sexmaculatus</i>      | 0.014                                       | 0.005    | 0       | 0.005  | 0      | 0.014        | 0.009    | 0.009        |
| Coccinellidae ( <i>unknown</i> sp.) | 0.005                                       | 0.009    | 0       | 0      | 0      | 0.005        | 0.018    | 0            |
| <i>Formicomus</i> sp.               | 0   | 0        | 0.005   | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Paederus fuscipes</i>            | 0.005                                       | 0        | 0       | 0      | 0      | 0.005        | 0        | 0            |
| Chloropidae ( <i>unknown</i> sp.)   | 0   | 0.032    | 0.005   | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Chrysosoma leucopogon</i>        | 0.018                                       | 0.005    | 0       | 0      | 0      | 0.005        | 0        | 0            |
| <i>Eristalinus</i> sp.              | 0.005                                       | 0        | 0       | 0      | 0      | 0.005        | 0        | 0            |
| <i>Eristalis</i> sp.                | 0   | 0.009    | 0.018   | 0      | 0      | 0.005        | 0        | 0            |
| <i>Ropalidia marginata</i>          | 0   | 0        | 0.005   | 0      | 0      | 0            | 0        | 0.005        |
| <i>Odontomantis planiceps</i>       | 0.068                                       | 0        | 0       | 0.005  | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Archimantis</i> sp.              | 0   | 0        | 0.014   | 0      | 0      | 0            | 0        | 0            |
| Mantidae ( <i>unknown</i> sp.)      | 0.014                                       | 0        | 0       | 0.005  | 0      | 0            | 0        | 0            |
| <i>Pantala flavescens</i>           | 0.018                                       | 0.027    | 0       | 0.005  | 0      | 0            | 0        | 0.005        |
| <i>Ictinogomphus</i> sp.            | 0   | 0        | 0       | 0      | 0      | 0            | 0        | 0.005        |
| Total of abundance                  | 0.271                                       | 0.11     | 0.057   | 0.039  | 0.005  | 0.039        | 0.027    | 0.024        |
| Total of species                    | 15  | 8        | 7       | 6      | 1      | 6            | 2        | 4            |

Sumber: (Herlinda *et al.*, 2019)

Pada pertanaman brokoli organik yang dipupuk dengan pupuk kandang pemerataan dan keanekaragaman spesies kumbang predator tanah (Carabidae) lebih tinggi dibandingkan lahan konvensional (Aldebron *et al.*, 2020). Pada pertanaman sayuran transisi menuju pertanian organik cenderung lahan yang dikelola tidak terlalu intensif cenderung lebih melimpah (Lundgren *et al.*, 2006).

Selain predator, parasitoid juga dapat menetap dan bekinerja dalam menekan populasi serangga hama di sistem pertanian organik. Misalnya parasitoid telur (*Trichogramma* spp.) telah dilepas untuk mengendalikan telur serangga *Helicoverpa armigera* yang menyerang bunga matahari, jagung, dan kedelai. (Kumar and Khan, 2012). Kelimpahan dan kekayaan species parasitoid dari famili Tachinidae lebih tinggi pada tanaman yang ditanam secara organik dibandingkan konvensional, selain itu pertanian organik dalam skala hamparan (*landscape*) lebih menguntungkan dalam mempertahankan kelimpahan dan keanekaragaman parasitoid Tachinidae tersebut dibandingkan petakan kecil dari pertanian organik (Cerretti *et al.*, 2015). Pada wortel organik keberadaan parasitoid dari ordo Hymenoptera lebih berlimpah dan lebih beranekaragaman spesiesnya dibandingkan pada pertanaman wortel konvensional (Berry *et al.*, 2010). Pada pertanaman sawi organik ditemukan kecenderungan adanya peningkatan persentase parasitisasi kutudaun (*Brevicoryne brassicae*) oleh *Diaeretiella rapae* dibandingkan lahan konvensional. Kondisi ini dapat terjadi karena sawi terbebas dari insektisida sintetis (Pope *et al.*, 2012).

Kelimpahan serangga pengurai (*decomposer*) pada sistem pertanian organik lebih tinggi dibandingkan pada sistem pertanian konvensional (Clough *et al.*, 2007). Pada tanaman tomat di California ada kecenderungan kelimpahan semua kelompok quils lebih

tinggi pada tomat yang ditanam secara organik dibandingkan konvensional (Letourneau and Goldstein, 2001).

## KESIMPULAN

Musuh alami sangat bermanfaat dan berperan dalam mengendalikan hama tanaman pangan dan sayuran. Keberadaan dan menetapnya musuh alami di lapangan dapat mendukung keberhasilan dalam pertanian organik, selain itu, sistem pertanian organik dapat meningkatkan kinerja musuh alami dan menyebabkan musuh alami mampu menetap selama pertanian organik tersebut diterapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldebron C, Jones MS, Snyder WE, Blubaugh CK. 2020. Soil organic matter links organic farming to enhanced predator evenness. *Biol Control* 146: 1–8.
- Bedoussac L, Journet E, Hauggaard-nielsen H, Naudin C, Corre-hellou G, Jensen ES. 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming . A review. *Agron Sustain Dev* 35: 911–935.
- Berry NA, Wratten SD, Mcerlich A, Frampton C. 2010. Abundance and diversity of beneficial arthropods in conventional and “organic” carrot crops in New Zealand. *New Zeal J Crop Hortic Sci* 0671. e-pub ahead of print, doi: 10.1080/01140671.1996.9513967.
- Bond W, Grundy AC. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Manag Org Syst* 41: 383–405.
- Bruggen AHC Van, Finckh MR. 2015. Plant disease management in organic farming systems. e-pub ahead of print, doi: 10.1002/ps.4145.
- Bruggen AHC van, Termorshuizen AJ. 2003. Integrated approaches to root disease management in organic farming systems Presented as a Keynote Address at the 8th International Congress of Plant Pathology ,. *Australas Plant Pathol* 32: 141–156.
- Bueren ETL Van, Jones SS, Tamm L, Murphy KM, Myers JR, Leifert C, *et al.* 2011. The need to breed crop varieties suitable for organic farming , using wheat , tomato and broccoli as examples : A review. *NJAS - Wageningen J Life Sci* 58: 193–205.
- Cerretti P, Gabriel D, Benton TG, Steven M, Incl DJ, Kunin WE, *et al.* 2015. Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales. *J Appl Ecol* 52: 1102–1109.
- Clough Y, Kruess A, Tschardt T. 2007. Organic versus conventional arable farming systems : Functional grouping helps understand staphylinid response. *Agric Ecosyst Environ* 118: 285–290.
- Daravath V, Chander S. 2017. Feeding efficiency of wolf spider , *Pardosa pseudoannulata* (Boesenberg and Strand ) against Brown Planthopper , *Nilaparvata lugens* (Stal). *J Entomol Zool Stud* 5: 5–8.
- Depalo L, Burgio G, Magagnoli S, Sommaggio D, Montemurro F, Canali S, *et al.* 2020. Influence of Cover Crop Termination on Ground Dwelling Arthropods in Organic Vegetable Systems. *Insects* 11: 1–14.
- Hanif KI, Herlinda S, Irsan C, Pujiastuti Y. 2020. The impact of bioinsecticide overdoses of *Beauveria bassiana* on species diversity and abundance of not targeted arthropods in South Sumatra ( Indonesia ) freshwater swamp paddy. *Biodiversitas* 21: 2124–2136.
- Herlinda S, Alesia M, Susilawati, Irsan C, Hasbi, Suparman, *et al.* 2020a. 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: 3076–3083.
- Herlinda S, Efendi RA, Suharjo R, Hasbi, Setiawan A, Elfita, *et al.* 2020b. New emerging entomopathogenic fungi isolated from soil in South Sumatra ( Indonesia ) and their filtrate and conidial insecticidal activity against Spodoptera litura. *Biodiversitas* 21: 5102–5113.
- Herlinda S, Karenina T, Irsan C, Pujiastuti Y. 2019. Arthropods inhabiting flowering non-crop plants and adaptive vegetables planted around paddy fields of freshwater swamps of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas* 20: 3328–3339.
- Herlinda S, Octariati N, Suwandi S. 2020c. Exploring entomopathogenic fungi from South Sumatra ( Indonesia ) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest , Spodoptera frugiperda. *Biodiversitas* 21: 2955–2965.
- Herlinda S, Prabawati G, Pujiastuti Y, Susilawati, Karenina T, Hasbi, *et al.* 2020d. Herbivore insects and predatory arthropods in freshwater swamp rice field in South Sumatra , Indonesia sprayed with bioinsecticides of entomopathogenic fungi and abamectin. *Biodiversitas* 21: 3755–3768.
- Juarsah I. 2014. Pemanfaatan pupuk organik untuk pertanian organik dan lingkungan berkelanjutan. *Semin Nas Pertan Organik* 127–136.
- Karenina T, Herlinda S, Irsan C, Pujiastuti Y. 2019. Abundance and species diversity of predatory arthropods inhabiting rice of refuge habitats and synthetic insecticide application in freshwater swamps in South Sumatra , Indonesia. *Biodiversitas* 20: 2375–2387.
- 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. *Agrivita J Agric Sci* 42: 1–10.
- Kumar A, Khan MA. 2012. Use of Trichogramma species as potential biological control agents against sunflower headborer, Helicoverpa armigera Hübner. *J ent Res* 36: 27–29.
- Letourneau DK, Goldstein B. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs . conventional tomato production in California. *J Appl Ecol* 38: 557–570.
- Lundgren JG, Shaw JT, Zaborski ER, Eastman CE. 2006. The influence of organic transition systems on beneficial ground-dwelling arthropods and predation of insects and weed seeds. *Renew Agric Food Syst* 21: 227–237.
- Pope TW, Girling RD, Staley JT, Trigodet B, Wright DJ, Leather SR, *et al.* 2012. Effects of organic and conventional fertilizer treatments on host selection by the aphid parasitoid Diaeretiella rapae. *J appl Entomol* 136: 445–455.
- Pongsuk P, Pourpan N, Boonsawang S, Kim H, Thongsuk P. 2016. Organic Agricultural Practice of Farmers in Khueng Kham Sub-district, Muengn Distrit, Yasothon, Province, Thailand. *Int J Agric Technol* 12: 1883–1892.
- Prabawati G, Herlinda S, Pujiastuti Y. 2019. The abundance of canopy arthropods in South Sumatra (Indonesia) freshwater swamp main and ratooned rice applied with bioinsecticides and synthetic insecticide. *Biodiversitas* 20: 2921–2930.
- Rivers A, Voortman C, Barbercheck M. 2020. Cover crops support arthropod predator activity with variable effects on crop damage during transition to organic management. *Biol Control* 151: 104377.
- Yardin MR, Kennedy IR, Thies JE. 2000. Development of high quality carrier materials for field delivery of key microorganisms used as bio-fertilisers and bio-pesticides. *Radiat Phys Chem* 57: 565–568.