

**PERAN TUMBUHAN BERBUNGA
SEBAGAI MEDIA KONSERVASI ARTROPODA MUSUH ALAMI**

***THE ROLE OF FLOWERING PLANTS
IN CONSERVING ARTHROPOD NATURAL ENEMIES***

Nia Kurniawati¹⁾ & Edhi Martono^{2)*}

¹⁾Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jln. Raya 9, Sukamandi, Subang, Jawa Barat 41256

²⁾Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jln. Flora 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281

*Penulis untuk korespondensi. E-mail: edhi.martono@ugm.ac.id

ABSTRACT

Flowering plants are plants with the ability to attract a lot of insects and other plant-loving organisms, as they possess various functions for these organisms, for instance as feed sources, ovipositions' sites, or hiding places out of danger (refugia). Their varied functions make flowering plants to play important roles as special habitats for insects and other organisms. Their presence needs to be considered especially in agricultural land where the dominant planting pattern is monoculture, such as rice fields. The presence of flowering plants themselves will invite many different organisms playing their parts not only as herbivores, but also as natural enemies, pollinators and other ecologically important organisms. The faunal diversity stimulated by flowering plants will create more stable ecosystem, which in turn will keep the ecosystem components' balance in check. The presence of flowering plants are therefore essential to the conservation of natural enemies in some particular ecosystem, such as agroecosystem.

Keywords: conservation, flowering plants, natural enemies

INTISARI

Tumbuhan berbunga merupakan tumbuhan yang berkemampuan memikat banyak serangga dan jasad pemanfaat tumbuhan lainnya, dan memiliki banyak manfaat bagi jasad-jasad ini, misalnya sebagai sumber pakan maupun tempat perhentian (untuk meletakkan telur atau menyembunyikan diri dari bahaya). Fungsi yang beragam ini menyebabkan pentingnya memperhatikan tumbuhan berbunga sebagai habitat khusus bagi serangga dan jasad lainnya, terutama di pertanian yang selama ini dominan sebagai ekosistem monokultur, misalnya pertanian padi. Adanya tumbuhan berbunga akan mengundang berbagai jenis jasad yang dalam ekosistem tersebut memiliki bermacam-macam peran selain sebagai herbivora, misalnya sebagai musuh alami, polinator atau fungsi ekologis lainnya. Keberagaman fauna karena adanya tanaman berbunga akan menyebabkan terbentuknya ekosistem yang lebih stabil, yang pada gilirannya akan menjaga terjadinya keseimbangan komponen ekosistem. Kehadiran tumbuhan berbunga dengan demikian sangat penting untuk melestarikan populasi musuh alami di suatu ekosistem seperti agroekosistem.

Kata kunci: konservasi, musuh alami, tumbuhan berbunga

PENGANTAR

Gerakan Revolusi Hijau (*Green Revolution*) yang digagas oleh Norman Borlaug di satu sisi mampu meningkatkan ketersediaan pangan bagi penduduk dunia, namun di sisi lain juga menimbulkan masalah-masalah. Kidd & Kidd (2006) menjelaskan bahwa Revolusi Hijau menimbulkan pertentangan antara dua kepentingan manusia, yaitu ekonomi (pengelolaan pertanian intensif) dan ekologi (mempertahankan kesehatan lingkungan) yang sulit disatukan dan telah memicu perdebatan panjang. Model pertanian berbasis masukan bahan kimia-sintetik cenderung bersifat mencemari lingkungan. Pestisida, salah satu bahan kimia sintetik yang umum digunakan, menimbulkan banyak masalah lanjutan, misalnya

memunculkan resistensi pada organisme pengganggu (Altieri *et al.*, 2005), menurunkan kualitas lingkungan (Carson, 1962; Pimentel *et al.*, 1992; Heong *et al.*, 1995), menimbulkan masalah kesehatan dan sosial (Shiva, 1991), dan masalah-masalah lain. Sementara itu, model pertanian monokultur dengan menanam varietas tanaman yang sama berpotensi menimbulkan ketidakstabilan ekosistem akibat rendahnya keragaman hayati yang menopang ekosistem tersebut (Cassman & Pingali, 1995). Timbulnya masalah ledakan hama di sebuah wilayah kemungkinan disebabkan oleh model pertanian monokultur seperti dinyatakan oleh Andow (1991) dan Mensah, (1999). Oleh karena itu, alternatif strategi budidaya yang berbasis keragaman hayati tinggi kemudian banyak diusulkan

oleh para ahli, misalnya melalui penyediaan ekosistem yang ramah pada musuh alami hama (Andow, 1991; Landis *et al.*, 2005).

Pengelolaan agroekosistem yang sehat dan berkesinambungan merupakan usaha yang tidak mudah untuk dilaksanakan, terutama karena harus mengelola banyak hal sekaligus. Salah satu cara yang dilakukan agar agroekosistem mendekati kondisi alami adalah dengan menerapkan sistem budidaya polikultur. Selain mengefisienkan penggunaan lahan untuk meningkatkan hasil pertanian, sistem ini juga diharapkan meningkatkan kehadiran parasitoid, predator dan juga kompetitor bagi hama sehingga dapat mengurangi kerusakan tanaman (Batra, 1982). Sistem polikultur juga dapat menurunkan potensi serangan hama pada tanaman melalui pembatasan fisis atau khemis bagi hama untuk menemukan inangnya serta meningkatkan kelulushidupan dan aktivitas musuh alami pada agroekosistem.

SISTEM PERTANIAN BERBASIS KONSERVASI MUSUH ALAMI

Salah satu upaya untuk menciptakan ekosistem pertanian yang lestari adalah dengan memanfaatkan musuh alami sebagai pengendali populasi organisme pengganggu tanaman, atau umum disebut dengan pengendalian hayati. Pengendalian hayati sebenarnya merupakan suatu fenomena alamiah, sehingga dapat dianggap aman bagi lingkungan. Meskipun demikian, pengendalian hayati tidak mudah diterapkan dan dikelola, karena musuh alami membutuhkan lingkungan biotik maupun abiotik yang optimal. Oleh karena itu, pemahaman tentang hubungan antara musuh alami, mangsa (inang), dan lingkungan menjadi sangat penting.

Salah satu strategi untuk mengoptimalkan fungsi dan peran musuh alami yang paling rasional adalah konservasi lingkungan dalam rangka menyediakan pakan yang cukup dan lingkungan pertumbuhan dan perkembangan yang nyaman bagi organisme musuh alami (Andow, 1991). Landis *et al.* (2005) menyebutkan bahwa banyak tanaman dan tumbuhan merupakan sumber pakan langsung bagi organisme musuh alami, misalnya dengan menyediakan nektar dan polen, dan secara tidak langsung menyediakan mangsa dan inang, di samping mengelola iklim mikro yang sesuai dengan kebutuhan hidup musuh alami.

Schellhorn dan Sork (1997) menunjukkan bahwa keragaman vegetasi dapat meningkatkan keragaman artropoda herbivora dan karnivora. Penelitian mereka juga menunjukkan bahwa penanaman sawi (famili Brassicaceae) yang diseling dengan tumbuhan famili non-Brassicaceae menarik lebih banyak predator dan parasitoid yang menyebabkan jumlah kematian

lebih tinggi pada larva *Plutella xylostella* dan *Pieris rapae*, hama utama tanaman Brassicaceae, dibandingkan dengan plot yang hanya ditanami sawi. Agroekosistem tanaman Brassicaceae (krusifer, kubisan) yang dibudidayakan melalui penganekaragaman jenis tanaman di sekelilingnya, ternyata mampu memperkuat usaha pengendalian hayati ulat daun kubis *Plutella xylostella* menggunakan parasitoid *Oomipus sokolowski* (Silva Torres *et al.*, 2011). Dalam hal ini, keragaman vegetasi meningkatkan keragaman spesies musuh alami yang berpotensi menekan populasi organisme pengganggu tanaman seperti juga ditunjukkan oleh Straub dan Snyder (2008) pada pertanaman sawi dan kentang.

Kemudian, Norris dan Kogan (2000) menganalisis peran gulma atau tumbuhan liar lain sebagai penghubung antar trofi organisme baik langsung maupun tak langsung yang hidup dalam sebuah ekosistem pertanian. Gulma atau tumbuhan non-tanaman (utama) dapat berperan sebagai sumber pakan alternatif organisme pengganggu selain tanaman utama, dan juga sebagai tempat musuh alami mendapatkan pakan atau inang. Dalam hal ini, gulma atau tumbuhan liar berperan sebagai jangkar atau penghubung antara bermacam organisme yang terkait dalam ekosistem tersebut. Penelitian oleh Drinkwater *et al.* (1995) menunjukkan bahwa kekayaan dan kelimpahan spesies predator dan parasitoid lebih tinggi pada lahan organik dibandingkan pada lahan konvensional. Hal tersebut didukung oleh ketersediaan vegetasi pada lahan organik yang menjamin keberadaan (*establishment*) dan keberlanjutan (*sustainability*) musuh alami, dan sekaligus mengembangkan komunitas musuh alami menjadi lebih beragam.

Selanjutnya, Banks (2004) membahas sebuah pendekatan budidaya yang digabungkan dengan upaya konservasi organisme yang bermanfaat pada ekosistem pertanian, disebut *conservation agriculture*. Ide ini sebenarnya cukup sederhana yaitu meningkatkan heterogenitas vegetasi pada sebuah habitat untuk memberikan ruang hidup bagi organisme bermanfaat (musuh alami, penyerbuk, dan sejenisnya) dengan cara menanam lahan di sekitar pertanaman dengan gulma. Banks (2004) juga menyimpulkan bahwa pengayaan organisme (tanaman, tumbuhan, dan organisme lain) dan pengelolaan kesuburan tanah dan ketersediaan air pada sebuah lahan pertanian mampu menjamin keberlanjutan sistem penumbuhan tanaman (utama) dan sistem pengelolaan populasi organisme pengganggu tanaman. Dalam sebuah ekosistem pertanian berbasis konservasi, dukungan pada pertumbuhan tanaman dari faktor-faktor abiotik (mekanisme *bottom-up*) harus mampu bersinergi secara serasi dengan mekanisme pengendalian organisme

pengganggu tanaman oleh musuh alami (*top-down*). Oleh karena itu Kaplan (2012) mengingatkan perlunya kehati-hatian dalam memilih jenis tumbuhan untuk menarik dan memikat artropoda karnivora. Hal ini disebabkan karena senyawa volatil berbagai tumbuhan yang dipergunakan sebagai pemikat memiliki kisaran fungsi yang bisa sangat luas.

FUNGSI DAN PERAN TUMBUHAN BAGI ARTROPODA

Potensi musuh alami untuk mengendalikan hama tanaman dalam suatu agroekosistem dapat ditingkatkan dengan cara memanipulasi habitat. Manipulasi habitat adalah salah satu program dalam pengelolaan hama terpadu, dan dapat digunakan bersamaan dengan teknik budidaya yang lain (Gurr, 2009) dan menjadi dasar program konservasi agens pengendalian hayati (Haddad *et al.*, 2004).

Manipulasi habitat dapat dilakukan dengan menanam tumbuhan berbunga (*insectary plant*) yang berfungsi sebagai sumber pakan, inang/mangsa alternatif, dan refuji bagi musuh alami. Tumbuhan atau gulma berbunga yang berperan penting dalam konservasi musuh alami ini umumnya berasal dari famili Umbelliferae, Leguminosae, dan Compositae (Altieri & Nichols, 2004), dan di antaranya adalah kubis (*Brassica oleraceae* L), bunga matahari (*Helianthus annuus* L), Okra (*Abelmoschus esculentus* L), basil (*Ocimum basilicum* L), terung (*Solanum melongena*), dan rumput Sudan (*Sorghum bicolor*). Idris dan Grafius (1995) menyatakan bahwa *Brassica kaber*, *Barbarea vulgaris*, dan *Daucus carota* menjadi sumber nektar bagi parasitoid ulat daun kubis, *Diadegma insulare* (Ichneumonidae). *Phacelia tanacetifolia* yang ditanam sebagai tanaman pinggir pada pertanaman kubis dapat meningkatkan populasi syrfitid dan menurunkan populasi kutu afid, dan penanaman *Phacelia* sp di kebun buah-buahan di San Jose dapat menjadi sumber makanan (madu) bagi (*Aphytis proclia*), parasitoid kutu perisai (*Aspidiotus perniciosus*) (Oka, 2005). Begitu pula hasil penelitian Skirvin *et al.* (2011) menunjukkan bahwa gulma berbunga yang ditanam secara berselang dapat meningkatkan populasi musuh alami dan dapat menekan populasi kutu afid.

Penanaman tumbuhan berbunga *Fagopyrum esculentum*, *Anethum graveolens*, dan *Vicia faba* menguntungkan bagi serangga parasitoid *Capidosoma koehleri* (Encyrtidae:Hymenoptera) dan hama *Phthorimaea operculella* (Gelechiidae:Lepidoptera), sedangkan *Phacelia tanacetifolia* dan *Nasturtium (Tropaeolum majus)* hanya menguntungkan bagi parasitoid saja (Baggen *et al.*, 1999). *L. pedunculatus*, *Lythrum salicaria*, *Caleopsis pubescens*, dan *Stachys*

palustris yang ditanam di sekitar parit dan selokan berpengaruh positif karena dapat menarik kedatangan *Bombus muscorum* (Diekötter *et al.*, 2006). Pada perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah, tumbuhan berbunga *Turnera subulata* diketahui menyebabkan kehadiran beberapa parasitoid spesies Hymenoptera. Enam spesies di antaranya hadir dengan jumlah lebih dari 30 ekor dalam 30 hari pengamatan. Namun spesies yang secara konsisten hadir setiap hari hanya satu, yakni *Brachymeria latus* (Sahari, 2012). Secara lebih spesifik, Hodge *et al.* (2011) menunjukkan bahwa ketertarikan parasitoid hymenoptera terhadap senyawa pertahanan tanaman β -amino asam butirat sama kuat dengan ketertarikan herbivoranya.

Dalam pada itu, predator *Coleomegilla maculata* (Coccinellidae) lebih menyukai habitat kedelai yang ditumbuhi gulma dibandingkan pertanaman kedelai, sedangkan *Orius insidiosus* dan *Nabis* spp. lebih menyukai habitat kedelai yang juga ditumbuhi rumput dan campuran gulma (Shelton & Edwards, 1983). Pada pertanaman anggur yang berhampiran dengan wilayah vegetasi semak dan perdu, diperoleh pula keuntungan secara spasial terhadap kemelimpahan musuh alami sebagaimana dilaporkan Thomson dan Hoffman (2013).

Gulma rumput-rumputan yang ditanam pada lahan pertanaman kacang dapat menurunkan kolonisasi dari *Empoasca kraemeri* (Hemiptera: Cicadellidae), dan salah satu tumbuhan liar *Ipomoea (morning glory)* yang ditemukan di Brazil dapat meningkatkan populasi kumbang Chrysomelidae (Carroll, 1979). Demikian pula rumputan asli padang prairie ternyata mempengaruhi peningkatan predasi terhadap herbivora pada tanaman kentang (Werking *et al.*, 2012). Usaha mencari tumbuhan yang cocok untuk menunjang dan melengkapi wijen (*Sesamum indicum*) sebagai tanaman berbunga di agroekosistem padi bahkan telah dilakukan oleh Zhu *et al.* (2013) dan mendapatkan bahwa *Emilia sonchifolia* dan *Impatiens balsamina* merupakan dua tumbuhan gulma yang dapat melengkapi kehadiran wijen dalam meningkatkan populasi parasitoid telur wereng *Anagrus nilaparvatae* pada pertanaman padi.

Sementara itu, Salveter (1998) dan Frank (1999) menyatakan bahwa penambahan tumbuhan berbunga dapat meningkatkan jumlah predator seperti lalat syrfitid dan serangga sayap jala (Chrysopidae). Penelitian Laubertie *et al.* (2012) menunjukkan bahwa setidaknya ada enam jenis tumbuhan yang mampu meningkatkan ketegaran predator jenis hoverfly. Pendapat ini selanjutnya didukung oleh penelitian Pinheiro *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa lama hidup dan tingkat nutrisi lalat syrfitid *Episyrphus balteatus* dipengaruhi sedikitnya oleh tujuh spesies

tumbuhan familia Asteraceae. Dua di antara tumbuhan tersebut (*Chamalaelum nobile* dan *Crepis vesicaria*) merupakan pilihan utama bagi predator ini sebagai tempat berhenti sekaligus sumber pakan tambahan.

Penanaman gulma berbunga di antara baris atau di bagian tepi kebun apel meningkatkan jumlah predator afid jika dibandingkan dengan kebun tanpa gulma (Wyss, 1995). Sebelumnya Halley dan Hogue (1990) juga membuktikan bahwa penambahan tumbuhan berbunga di sekitar perkebunan apel dapat menurunkan populasi hama, khususnya kutu afid. Jadi manipulasi habitat seperti ini secara tidak langsung dapat mengurangi jumlah serangga hama (Gurr *et al.*, 2004).

MEKANISME KETERPIKATAN ARTROPODA OLEH TUMBUHAN

Tumbuhan berbunga menarik kedatangan serangga menggunakan karakter morfologi dan fisiologi dari bunga, yaitu ukuran, bentuk, warna, keharuman, periode berbunga, serta kandungan nektar dan polen. Kebanyakan dari serangga lebih menyukai bunga yang berukuran kecil, cenderung terbuka, dengan waktu berbunga yang cukup lama yang biasanya terdapat pada bunga dari famili Compositae atau Asteraceae (Altieri *et al.*, 2007). Misalnya, parasitoid *Edovum puttleri* (G) lebih menyukai bunga dengan nektar yang terlihat jelas, sedangkan *Pediobius foveolatus* (C) lebih tertarik pada bunga dengan nektar yang tersembunyi sebagian, walaupun keduanya merupakan parasitoid dari *Leptinotarsa decemlineata* (Patt *et al.*, 1997).

Warna bunga merupakan salah satu daya tarik bunga bagi serangga (Menzel *et al.*, 1988). Bahan dasar dari warna bunga dihasilkan oleh pigmen yang terdapat di dalam kromoplas atau vakuola sel pada jaringan floral. Warna ini dihasilkan melalui proses refleksi dan refraksi cahaya pada permukaan sel (Harborne, 1997).

Selain warna, kandungan nektar dan polen pada bunga juga menjadi daya tarik bagi serangga. Nektar adalah kumpulan senyawa kimia yang kompleks dengan kandungan nutrisi yang bervariasi (Haydak, 1970). Umumnya mengandung gula sederhana (monosakarida) yaitu sekitar 15–75% dari beratnya. Bahan lain yang terkandung dalam nektar adalah asam amino, protein, lemak, antioksidan, alkaloid, vitamin, asam organik, allantoin & asam allantoat, dekstrin, dan bahan inorganik lainnya seperti mineral dan air. Polen berfungsi sebagai makanan yang penting bagi serangga terutama larva lebah (Apidae), kumbang, lalat (Syrphidae dan Anthomyiidae), Colembolla, beberapa Orthopteroids dan kupu-kupu (Stanley &

Linskens, 1974). Polen umumnya mengandung 16–30% protein, 1–7% pati, 0–15% gula bebas, dan 3–10% lemak (Harborne, 1997). Namun herbivora pun merasakan pula manfaat polen, sebagaimana dilaporkan Wong dan Frank (2013), yaitu bahwa polen ternyata mampu meningkatkan ketegaran (*fitness*) dan kemelimpahan serangga *Orius insidiosus* pada tanaman pelindung.

Bau atau aroma bunga juga menjadi daya tarik sekaligus tanda pengenalan jenis tumbuhan bagi serangga. Aroma merupakan salah satu kemampuan adaptasi dari tanaman yang dapat bersifat sebagai penarik atau penolak. Bagi serangga polinator, bau atau aroma bunga lebih sulit dikenali dibandingkan dengan warna dari suatu bunga. Namun temuan Belz *et al.* (2013) justru menunjukkan bahwa aroma beberapa tumbuhan berbunga (*bishop's weed*, *cornflower*, *buckwheat*, *candytuft* dan *oregano*) mampu menarik kedatangan parasitoid *Microplitis mediator*. Dengan demikian penanaman jenis-jenis tumbuhan ini dapat memiliki implikasi positif dalam menunjang usaha pengendalian hayati.

Selain karakter morfologi dan fisiologi dari bunga, faktor lain yang mempengaruhi kedatangan serangga pada suatu bunga adalah faktor lingkungan fisik yaitu cahaya, suhu, kelembapan, serta kecepatan dan arah angin. Respons serangga terhadap lingkungan fisik ini berbeda sehingga waktu aktifnya pun berbeda, yaitu pagi, siang, sore atau malam hari.

PENGELOLAAN SISTEM BERTANAM UNTUK UPAYA KONSERVASI

Manajemen habitat diartikan sebagai upaya memanipulasi habitat lokal agar sesuai bagi musuh alami sehingga daya tekan terhadap populasi hama meningkat, dan salah satu di antaranya adalah dengan sistem tanam beragam (*polyculture*). Sistem tanam ini relatif mudah dan murah untuk dilakukan, secara ekonomi lebih menguntungkan, dan tidak mencemari lingkungan karena menggunakan masukan rendah, misalnya bahan organik sebagai pupuk, serta musuh alami, dan tanaman pemerangkap hama sebagai pengendali hama (Altieri & Nichols, 2004). Manajemen habitat dengan sistem tanam polikultur hendaknya tidak dilakukan dengan mengubah teknik budidaya secara radikal, tetapi dengan hal yang mudah untuk dilakukan di antaranya dengan cara *inter cropping*, *strip cropping*, *alley cropping*, menanam tanaman pinggiran (*hedgerows*), menanam di tengah lahan pertanian sebagai 'pulau bunga' atau *insectary plant*, menanam *beetle bank* di rumah kaca, menanam tumbuhan mulsa hidup, *home gardens*, dan menanam tanaman penutup tanah.

Sistem tanam *strip cropping*, *inter cropping*, dan *alley cropping* adalah menanam tumbuhan berbunga di antara tanaman utama (sistem lorong atau baris) yang berfungsi sebagai tanaman perangkap, atau sebagai sumber pakan musuh alami. Tumbuhan mulsa biasanya ditanam di antara tanaman utama dan merujuk ke sistem tanam *inter cropping*. *Insectary plant* dan tumbuhan penutup tanah (*cover crop*) adalah tumbuhan berbunga yang ditanam bersamaan dengan tanaman budidaya sebagai sumber pakan dan inang alternatif bagi serangga berguna (Altieri & Nichols, 2004). *Beetle banks* adalah tumbuhan berbunga atau rumput-rumputan yang ditanam di rumah kaca atau rumah plastik sebagai sumber pakan dan inang alternatif bagi musuh alami dan bertujuan untuk menjaga agar populasi hama pada tanaman utama tetap rendah. Beaverstool *et al.* (2011) melaporkan bahwa kehadiran tumbuhan “fibre nettle” *Clotica dioica* sebagai tumbuhan penyeling (*intercrop*) ternyata mampu menjadi pengganti tanaman utama, dan menunjang baik afid herbivora *Microlophium carnosum* maupun musuh alaminya.

Pemilihan tumbuhan atau tanaman berbunga pada sistem polikultur harus memperhatikan fungsi dan peran dari tumbuhan tersebut di lingkungan, misalnya potensi untuk meningkatkan kedatangan musuh alami, meningkatkan kesuburan tanah, atau menekan populasi gulma. Harus dilakukan uji keamanan biologis terhadap tumbuhan berbunga, seperti yang dilakukan Zhon *et al.* (2011) terhadap bunga matahari *Helianthus annuus*. Selain itu, penanaman tumbuhan berbunga harus memperhitungkan struktur dan komposisinya, yang disesuaikan dengan kondisi lahan setempat dan periode berbunga dari masing-masing tumbuhan sehingga mampu menjaga populasi musuh alami tetap tinggi di sepanjang musim tanam. Masih harus selalu diperhatikan pula pemilihan jenis tumbuhan yang tepat karena selain tumbuhannya sendiri mungkin menjadi *invasive*, herbivora yang menyerangnya bisa juga akan berpindah ke tanaman budidaya seperti yang terjadi dengan *Lantana camara* di Swaziland dan Afrika Selatan (Magagula, 2011; Heshula & Hill, 2011).

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti pada skala sempit maupun luas menunjukkan bahwa konservasi musuh alami menjadi kunci untuk membangun dan mengembangkan pertanian yang ramah lingkungan. Tulisan ini menunjukkan bahwa upaya paling penting untuk mempertahankan keberadaan musuh alami di ekosistem pertanian adalah dengan meningkatkan, atau minimal mempertahankan,

keragaman tumbuhan yang dapat berperan sebagai (1) *shelter* atau *refugee*, sekaligus sebagai (2) sumber pakan musuh alami. Keberadaan beragam musuh alami sebagai salah satu komponen ekosistem pertanian diharapkan dapat mempertahankan kelengkapan komponen rantai makanan, sehingga mampu pula menciptakan kestabilan ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M. A. & C.I. Nichols. 2004. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystem*. 2nd Edition. Haworth Press Inc., New York. 236 p.
- Altieri, M.A., C.I. Nicholls, & M.A. Fritz. 2005. *Manage Insects on Your Farm*. Sustainable Agriculture Network, Beltsville. 119 p.
- Altieri, M.A., L. Ponti, & C.I. Nichols. 2007. *Mengendalikan Hama dengan Diversifikasi Tanaman*. hlm. 10–13. <http://www.salamleisa.info>, diakses 4/2/14.
- Andow, D.A. 1991. Vegetation Diversity and Arthropod Population Response. *Annual Review of Entomology* 36: 561–586.
- Baggen, L.R., G.M. Gurr, & A. Meats. 1999. Flower in Tri-Trophi Systems: Mechanism Allowing Selective Exploitation by Insect Natural Enemies for Conservation Biological Control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 155–161.
- Banks, J.E. 2004. Divided Culture: Integrating Agriculture and Conservation Biology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 537–545.
- Batra, S.W. 1982. Biological control in Agroecosystems. *American Association for the Advancement of Science* 215: 134–139.
- Beaverstool, J., M. Parcell, S.J. Clark, J.E. Copeland, & J.K. Pell. 2011. Potential Value of the Fibre Nettle *Clotica dioica* as a Resource for the Nettle Aphid *Microlophium carnosum* and its Insect and Fungal Natural Enemies. *BioControl* 56: 215–223.
- Belz, E., M. Koliker, & O. Balmi. 2013. Olfactory Attractiveness of Flowering Plants to the Parasitoids *Microplitis mediator*: Potential Implication for Biological Control. *BioControl* 58: 163–173.
- Carrol, C.R. 1979. Biotic Interactions in Tropical Agroecosystems. *American Zoologist* 19: 1057–1064.
- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin Co., Boston. 368 p.
- Cassman, K.G. & P.L. Pingali. 1995. Intensification of Irrigated Rice Systems: Learning from the Past to Meet Future Challenges. *GeoJournal* 35: 299–305.
- Diekotter, T., K.W. Hellwig, M. Conradi, M. Suter, & R. Frankl, 2006, Effects of Landscape Elements on the Distribution of the Rare Bumblebee Species

- Bombus muscorum* in an Agricultural Landscape, p. 43–54. In D.L. Hawksworth & A.T. Bull (eds.), *Biodiversity and Conservation* 15. Springer, Dordrecht.
- Drinkwater, L.E., D.K. Letourneau, F. Workneh, A.H.C. van Bruggen, & C. Shennan. 1995. Fundamental Differences between Conventional and Organic Tomato Agroecosystems in California. *Ecological Applications* 5: 1098–1112.
- Frank, T. 1999. Density of Adult Hoverflies (Dipt., Syrphidae) in Sown Weed Strips and Adjacent Fields. *Journal of Applied Entomology* 123: 351–355.
- Gurr, G.M., S.L. Scarratt, S.D. Wratten, L. Berndt, & N. Irvin., 2004. *Ecological Engineering, Habitat Manipulation and Pest Management*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 244 p.
- Gurr, G.M. 2009. Prospect for Ecological Engineering for Planthoppers and Other Arthropod Pests in Rice, p. 371–387. In K.L. Heong & B. Hardy, *Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production System in Asia*. IRRI, Los Banos (Philippines).
- Halley, S. & E.J. Hogue. 1990. Ground Cover Influence on Apple Aphids, *Aphis pomi* DeGeer (Homoptera: Aphididae), and its Predators in a Young Apple Orchard. *Crop Protection* 9: 225–230.
- Harborne, J.B. 1997. *Introduction to Ecological Biochemistry*. 4th ed. Academic Press, London, UK.
- Haydak, M.H. 1970. Honeybee Nutrition. *Annual Review of Entomology* 15:143–156.
- Heong, K.L., P.S. Teng, & K. Moody, 1995. Managing Rice Pests with Less Chemicals. *GeoJournal* 35: 337–349.
- Heshula, L.U.P., & M.P. Hill. 2011. The Effect of *Lantana camara* Leaf Quality on the Performance of *Falconia intermedia*. *BioControl* 56: 925–933.
- Hodge, S., J.L. Ward, A.M. Galster, M.H. Beale, & G. Powell. 2011. The Effects of Plant Defence Priming Compound β amino butyric acid on Multitrophic Interaction with Insect Herbivore and Hymenopteran Parasitoid. *BioControl* 56: 699–711.
- Idris, A.B., & E. Grafius. 1995. Wildflowers as Nectar Sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of Diamondback Moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environmental Entomology* 24: 1726–1735.
- Kaplan, I. 2012. Attracting Carnivorous Arthropod with Plant Volatiles: The Future of Biocontrol or Playing with Fire? *Biological Control* 60: 77–89.
- Kidd, J.S. & R.A. Kidd. 2006. *Agricultural versus Environmental Science. A Green Revolution*. Chelsea House Publishing, New York.
- Landis, D.A., S.D. Wratten, & G.M. Gurr, 2000. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175–201.
- Landis, D.A., F.D. Menalled, & A.C. Costamagna. 2005. Manipulating Plant Resources to Enhance Beneficial Arthropods in Agricultural Landscapes. *Weed Sciences* 53: 902–908.
- Laubertie, E.A., S.D. Wratten, & J.L. Hemptinne. 2012. The Contribution of Potential Beneficial Insectary Plant Species to Adult Hoverfly Fitness. *Biological Control* 61: 1–6.
- Magagula, C.N. 2011. Distribution and Abundance of *Ophymia camarae* (Diptera: Agromyzidae) in *Lantana camara* (Verbenaceae) in Selected Area of SwaziLand. *Biocontrol Science and Technology* 21: 829–837.
- Mensah, R.K. 1999. Habitat Diversity: Implications for the Conservation and Use of Predatory Insects of *Helicoverpa* spp. in Cotton Systems in Australia. *International Journal of Pest Management* 45: 91–100.
- Menzel, R., E. Steinmann, J.D. Souza, & W. Backhaus. 1988. Spectral Sensitivity of Photoreceptors and Colour Vision in the Solitary Bee, *Osmia rufa*. *Journal of Experimental Biology* 136: 35–52.
- Norris, R.F. & M. Kogan. 2000. Interactions between Weeds, Arthropod Pests, and their Natural Enemies in Managed Ecosystems. *Weed Science* 48: 94–158.
- Oka, I.N., 2005. *Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 255 p.
- Patt, J.M., G.C. Hamilton, & J.H. Lashomb. 1997. Foraging Success of Parasitoid Wasps on Flowers: Interplay of Insect Morphology, Floral Architecture and Searching Behavior. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 83: 21–30.
- Pinheiro, L.A., L. Torres, J. Raimundo & S.A.P. Santos. 2013. Effect of Seven Species of the Family Asteraceae on Longevity and Nutrient Levels of *Episyrphus balteatus* (Syrphidae: Diptera). *BioControl* 58: 797–806.
- Pimentel, D., H. Acquay, M. Biltonen, P. Rice, M. Silva, J. Nelson, V. Lipner, S. Giordano, A. Horowitz, & M. D'Amore. 1992. Environmental and Economic Costs of Pesticide Use. *BioScience* 42: 750–760.
- Sahari, B. 2012. Komunitas Parasitoid Hymenoptera Pengunjung Bunga *Turneria subulata* pada Perkebunan Kelapa Sawit Kalimantan Tengah. Disertasi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Salveter, R. 1998. The Influence of Sown Herb Strips and Spontaneous Weeds on the Larval Stages of Aphidophagous Hoverflies (Dipt., Syrphidae). *Journal of Applied Entomology* 122:103–114.

- Schellhorn, N.S. & V.L. Sork. 1997. The Impact of Weed Diversity on Insect Population Dynamics and Crop Yield in Collards, *Brassica oleraceae* (Brassicaceae). *Oecologia* 111: 233–240.
- Shiva, V. 1991. *The Violence of the Green Revolution*. Zed Books Ltd., London. 263 p.
- Silva-Torres, C.S.A., J.B. Torres, & R. Barros. 2011. Can Cruciferous Agroecosystems Grown under Variable Conditions Influence Biological Control of *Plutella xylostella*? *Biocontrol Science and Technology* 21: 625–641.
- Stanley, R.G., & H.F. Linskens. 1974. *Pollen: Biology, Biochemistry, Management*. Springer-Verlag, New York. 289 p.
- Skirvin, D.J., K.L. Garde, K.W. Reynolds, & A. Mead, 2011. The Effect of within – Crop Habitat Manipulation on the Conservation Biological Control of Aphids in Field Grown Lettuce. *Bulletin of Entomological Research* 101: 623–631.
- Shelton, M.D. & C.R. Edwards, 1983. Effects of Weeds on the Diversity and Abundance of Insect in Soybeans. *Environmental Entomology* 12: 296–298.
- Straub, C.S. & W.E. Snyder. 2008. Increasing Enemy Biodiversity Strengthens Herbivore Suppression on Two Plant Species. *Ecology* 89: 1605–1615.
- Thomson, L.J. & A. A. Hoffman. 2013. Spatial Scale of Benefits from Adjacent Woody Vegetation on Natural Enemies within Vineyards. *Biological Control* 65: 57–65.
- Werking, B.P. J. Harmon, C. Straub, & C. Gratton. 2012. Influence of Native North American Prairie Grasses on Predation of Insect Herbivore of Potato. *Biological Control* 61: 15–25.
- Wong, S.K. & S.D. Franks. 2013. Pollen Increases Fitness and Abundance of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) on Banker Plant. *Biological Control* 64: 45–50.
- Wyss, E. 1995. The Effects of Weed Strips on Aphids and Aphidophagous Predators in an Apple Orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 75: 43–49.
- Zhon, Z, J.Y. Guo, X.W. Zheng, M. Luo, H.S. Chen & F.W. Han. 2011. Reevaluation in the Biosecurity of *Ophraella communa* against Sunflower *Helianthus annuus*. *Biocontrol Science and Technology* 21: 1147–1160.
- Zhu, P.Y., G.M. Gurr, Z.H. Lu, K.L. Heong, G.H. Chen, X.S. Zheng, H.X. Xu & Y.J. Yung. 2013. Laboratory Screening Supports the Selection of Sesame (*Sesamum indicum*) to Enhance *Anagrus* sp. Parasitoids. *Biological Control* 64: 83–89.