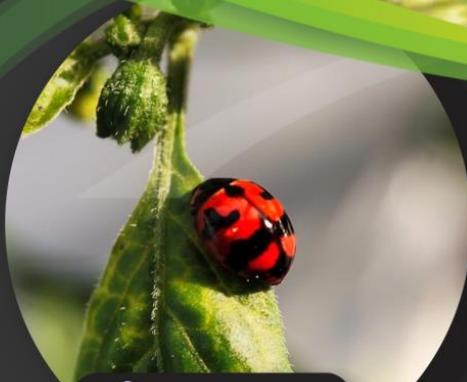


Pengantar Ekologi Serangga



Siti Herlinda, Yulia Pujiastuti, Chandra Irsan, Riyanto,
Arsi, Erise Anggraini, Tili Karenina, Lina Budiarti,
Lilian Rizkie, Dian Maharani Octavia



**UNSRI
PRESS**

Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Pengantar Ekologi Serangga

Editor & Penulis:

Siti Herlinda, Yulia Pujiastuti, Chandra Irsan, Riyanto, Arsi, Erise Angraini, Tili Karenina, Lina Budiarti, Lilian Rizkie, Dian Maharani Octavia

Hak Cipta © 2021 pada penulis

Dicetak oleh:

Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)/Unsri Press
Anggota IKAPI

ISBN 978-979-587-956-5

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penulis.



Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)
Anggota IKAPI
Kampus Unsri Bukit Besar, Jalan Sriwijaya Negara,
Bukit Besar, Palembang Telpon/Faximili:
+62711360969, Email: unsri.press@yahoo.com

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pengantar Ekologi Serangga: Siti Herlinda, Yulia Pujiastuti, Chandra Irsan, Riyanto, Arsi, Erise Angraini, Tili Karenina, Lina Budiarti, Lilian Rizkie, Dian Maharani Octavia. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)/Unsri Press, 2021

v + 279 hlm: 16,20 cm x 22,90 cm

Bibliografi

ISBN 978-979-587-956-5

I. Judul

1. Pengantar Ekologi Serangga

2. Siti Herlinda, Yulia Pujiastuti, Chandra Irsan, Riyanto, Arsi, Erise Angraini, Tili Karenina, Lina Budiarti, Lilian Rizkie, Dian Maharani Octavia

Daftar Isi

	Halaman
Daftar Isi	iii
Kata Pengantar	v
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Peran serangga dalam kehidupan manusia	2
1.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan serangga ...	9
Bab 2. Proses di Ekosistem Pertanian	19
2.1. Aliran Energi	21
2.2. Siklus Biogeokimia.....	23
2.3. Suksesi Ekologi	24
2.4. Evolusi Serangga	28
Bab 3. Faktor Fisis yang Mempengaruhi Serangga	35
3.1. Iklim	36
3.2. Suhu	36
3.3. Lengah Udara.....	39
3.4. Curah Hujan.....	42
3.5. Cahaya dan Radiasi	43
3.6. Angin dan Gerak Udara	48
3.7. Topografis.....	49
Bab 4. Faktor Biotis yang Mempengaruhi Serangga	53
4.1. Parasitisme dan Predatisme	53
4.2. Resistensi	60
4.3. Kompetisi	65
Bab 5. Faktor Makanan	75
5.1. Perilaku dan Cara Serangga Makan.....	75
5.2. Kualitas dan Kuantitas Makanan	82
5.3. <i>Artificial Diet</i> (Pakan Buatan)	83
Bab 6. Harkat Populasi Serangga	95
6.1. Populasi	95
6.2. Tumbuh Populasi.....	108
6.3. Indeks atau Eksponen r.....	111
6.4. Taraf Kejenuhan Populasi	116
6.5. Fluktuasi Populasi dan Goncangan Siklis.....	121
Bab 7. Pengendalian Populasi Serangga	131
7.1. Faktor-faktor Pemantap Padat Populasi Serangga	138
7.2. Faktor-faktor Bertautan Padat.....	139

dengan menggunakan bakteri entomopatogen *Bacillus thuringiensis*. Aktif mengikuti kegiatan organisasi profesi nasional yaitu Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) dan organisasi internasional Sustainable Agriculture Food and Energy (SAFE).



Dr. Ir. Chandra Irsan, M.Si. Alumnus Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya (1988) lahir di Lubuk Linggau, pada 19 Februari 1965. Tahun 1997 menyelesaikan Magister Sains Bidang Entomologi di IPB Bogor. Tahun 2004 berhasil meraih gelar Doktor Bidang Entomologi di IPB Bogor. Sejak tahun 1989 hingga sekarang berprofesi sebagai dosen tetap Universitas Sriwijaya. Pernah dipercaya sebagai Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan FP. Unsri tahun 2007-2011. Pernah mendapat penghargaan sebagai penyaji poster terbaik hasil penelitian hubah Fundamental pada tahun 2004, 2007 dan 2011. Tahun 2007 pernah menjadi penyaji penelitian hibah fundamental terbaik bidang pertanian. Sejak

tahun 1989 sampai sekarang penulis menjadi pengasuh klinik Tanaman Jurusan hama dan Penyakit Tumbuhan FP Unsri.



Dr. Riyanto lahir di Petanggan (Belintang Kabupaten OKU Timur), pada 25 Juli 1970. Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Purwodadi, Pendidikan Sekolah Menengah di SMPN1 Gumawang dan Sekolah Menengah Atas di SMAN Belintang. S1 Pendidikan Biologi Unsri, S2 Jurusan Biologi ITB dan S3 Doktor Ilmu Pertanian Kajian Biologi dan Ekofisiologi Serangga tahun 2010 dari Universitas Sriwijaya. Pangilan sehari-hari yanto anak dari pasangan Turunan Hamid (ayah) dan Siron (ibu). Unit kerja di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Unsri sejak tahun 1999 sampai sekarang. Di Pendidikan Biologi FKIP Unsri sebagai pengasuh mata kuliah Entomologi. Penulis

tercatat sebagai anggota Perhimpunan Entomologi Indonesia.

Bab 4

Faktor Biotis yang Mempengaruhi Kehidupan Serangga

Riyanto

Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sriwijaya, Jalan Raya Palembang-Prabumulih, km 32, Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatra Selatan, Indonesia. Email: riyanto@fkip.unsri.ac.id

4.1. Parasitisme dan Predatisme

Faktor biotis yang mempengaruhi kehidupan dan dinamika populasi serangga adalah inang, keanekaragaman hayati tumbuhan, kepadatan populasi dan makanan. Pengaruh faktor-faktor biotis ini dapat memperpanjang tahap metamorfik, kelangsungan hidup dan tingkat reproduksi serangga (Khaliq *et al.*, 2014). Menurut Price *et al.*, (2011) faktor biotis berupa interaksi serangga dengan organisme lain termasuk konspesifik (sejenis), spesies pesaing lain, mutualisme dan musuh alami. Musuh alami berupa serangga parasitoid dan predator yang dapat berperan mengendalikan dinamika populasi serangga. Serangga parasitoid dan serangga predator yang telah diketahui dapat mengendalikan populasi serangga, maka kedua musuh alami ini oleh para ahli digunakan sebagai agen pengendali hayati di agroekosistem.

Parasitoid adalah serangga yang matang dengan memakan satu inang parasit, akhirnya membunuh inang, sementara imago hidup bebas, menemukan inang hidup dan bertelur di dalam, di atas atau di dekat inangnya (Price *et al.*, 2011). Parasitoid adalah serangga yang membunuh inangnya, biasanya serangga lain bertujuan untuk menyelesaikan siklus hidupnya. Parasitoid biasanya banyak dari spesies tawon dan lalat (Department of Primary Industries, 2005). Serangga parasitoid adalah tawon Ichneumonid, tawon kepang, tawon chalcid, lalat tachinid (Mandjiny dan Upadhyay, 2017). Parasitoid adalah sekelompok

serangga yang larvanya berkembang pada atau di tubuh serangga lain. Parasitoid ini pada akhirnya membunuh inangnya. Mayoritas parasitoid adalah tawon (Hymenoptera) atau lalat (Diptera) dan secara numerik sangat berlimpah dan penting di hampir semua ekosistem terestrial. Parasitoid penting dalam ekologi populasi karena parasitoid mengatur atau mengendalikan populasi banyak inangnya atau mangsanya (Godfray, 2001). Parasitoid Hymenoptera adalah musuh alami yang penting untuk banyak ordo-ordo serangga hama. Kelompok ini dapat mengendalikan hama secara khusus di agroekosistem dan hutan primer. Famili parasitoid Hymenoptera dalam jumlah individu dan morfospesies yang dominan adalah Scelionidae, Ichneumonidae dan Braconidae (Busniah, Hakiki dan Martinius, 2020).

Serangga parasitoid telah digunakan untuk pengendalian hayati serangga hama atau spesies fitofag invasif. Program ini dalam bentuk imfortasi klasik melalui pelepasan musiman atau inundatif untuk pengendalian jangka pendek hama lokal atau invasif. Selain itu, program ini juga melalui konservasi aktivitas parasitoid dengan penyediaan subsidi sumber daya dan perubahan praktik manajemen. Keberhasilan dalam pengendalian serangga hama tergantung pada keputusan perilaku yang dibuat oleh serangga parasitoid dalam mencari dan parasitasi inang. Seperti, dalam kasus pengendalian biologis klasik adalah memaksimalkan kebugaran parasitoid akan cenderung meningkatkan dampak regionalnya, yang mengarah pada pengendalian hama yang lebih besar dan keberhasilan dalam pengendalian hayati (Mills dan Wajnberg, 2008). Schafer dan Herz (2020) melaporkan serangga pemakan daun tomat *Tuta absoluta*, berasal dari Amerika Selatan adalah spesies invasif yang mengancam tanaman tomat Eropa. Berbagai insektisida menjadi tidak efektif dalam mengendalikan *T. absoluta*. Salah satu alternatif yang efektif dan ramah lingkungan diperlukan pengendalian hayati dengan memanfaatkan parasitoid *Trichogramma* yang dianggap sebagai cara yang efektif untuk mengurangi hama *T. absoluta*. Pijnakker *et al.* (2020) menginformasikan introduksi secara masal musuh alami telah banyak digunakan sebagai strategi pengendalian hayati dalam sistem rumah kaca ketika populasi musuh alami tidak cukup menekan serangga hama. Sebagai strategi alternatif adalah perkembangbiakan serangga predator dan parasitoid, sebelum serangga hama muncul telah menjadi elemen kunci keberhasilan program pengendalian hayati. Program tersebut dalam bentuk inokulasi dan konservasi musuh alami.

Budidaya tanaman dengan tumpang sari dan tanaman perbatasan lahan pertanian dapat meningkatkan keragaman serangga parasitoid dan serangga predator di agroekosistem. Program ini terbukti lebih berpeluang besar dan lebih keberhasilan dalam pengendalian hayati serangga hama. Amala dan Shivalingaswamy (2018) menegaskan bahwa diversifikasi tanaman seperti tumpang sari dan penanaman tumbuhan di sekitar lahan pertanian berguna untuk meningkatkan keanekaragaman hayati fungsional serangga parasitoid dan serangga predator. Adapun serangga-serangga predator tersebut adalah famili Pentatomidae, Syrphidae, Chrysopidae, Carabidae dan Coccinellidae, sedangkan serangga-serangga parasitoid dari famili Ichneumonidae, Encyrtidae, Braconidae dan Trichogrammatidae. Oleh karena itu, diversifikasi tanaman perlu dilakukan untuk konservasi musuh alami. Konservasi musuh alami diperlukan tumbuhan beragam. Artinya untuk pertanian berkelanjutan perlu dihindari eksploitasi dan intensifikasi secara berlebihan tumbuhan yang berada di sekitar lahan pertanian. Intensifikasi dan eksploitasi pertanian telah mengakibatkan hilangnya keanekaragaman hayati dan mengancam fungsi ekosistem termasuk serangga parasitoid. Buchori, Bandung dan Nurindah (2008) menyatakan serangga parasitoid adalah sekelompok musuh alami memainkan peran yang sangat penting dalam mengatur populasi serangga hama. Selain itu, Nurindah (2012) melaporkan program tumpang sari tanaman kapas dan palawija hijau atau dengan meningkatkan keanekaragaman vegetasi tumbuhan mampu meningkatkan musuh alami wereng kapas. Serangga predator dan serangga parasitoid dapat menekan perkembangan populasi wereng kapas di lingkungan yang menjalankan aksi budidaya konservasi musuh alami.

Intensifikasi pertanian seperti peningkatan input pupuk dan perluasan lahan tanaman telah menyebabkan hilangnya habitat semi alami dan hilangnya musuh alami dari serangga hama pertanian. Namun sangat sulit untuk menguraikan efek intensifikasi pertanian pada komunitas serangga di berbagai skala spasial. Masukan pupuk nitrogen dan ekspansi lahan tanaman lebih menguntungkan kutu daun sereal dari pada serangga parasitoid primer dan serangga predator primer yang tinggal di daun, serta menekan serangga predator yang tinggal di tanah. Kondisi ini menyebabkan gangguan hubungan interspesifik. Dengan demikian, intensifikasi pertanian dapat mengacaukan hubungan interspesifik dan menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati. Untuk tujuan itu, manajemen serangga hama yang berkelanjutan perlu menyeimbangkan manfaat dan biaya intensifikasi pertanian dan memulihkan

peran pengendalian hayati melalui digalakkannya peran musuh alami pada berbagai skala (Zhao *et al.*, 2015).

Pertanian organik dapat meningkatkan keanekaragaman serangga-serangga parasitoid dibandingkan pertanian konvensional. Inclan *et al.* (2015) melaporkan pertanian organik dalam lanskap yang terkelola memiliki manfaat yang besar termasuk pengelolaan serangga-serangga parasitoid. Namun untuk mengidentifikasi di wilayah mana parasitoid dipengaruhi oleh pertanian organik akan menjadi langkah penting untuk meningkatkan konservasinya. Sebagai contoh sebanyak 192 bidang lahan pertanian diambil sampelnya di dua wilayah biogeografi Inggris. Hasilnya menemukan bahwa efek positif dari pertanian organik adalah pada keragaman parasitoid tachinid yang dapat diamati pada beberapa skala spasial. Pada skala lokal, ditemukan kelimpahan spesies parasitoid tachinid yang lebih tinggi dan kekayaan spesies parasitoid tachinid pada pertanian organik dari pada di pertanian konvensional. Selain itu, di tepi ladang kelimpahan spesies parasitoid tachinid lebih tinggi dari pada di tengah ladang. Pada skala lanskap, keragaman parasitoid tachinids lebih tinggi di lanskap dengan proporsi lahan organik yang lebih tinggi. Pada kedua skala, efek positif pertanian organik jelas untuk ladang *arable*, sementara itu hampir netral untuk padang rumput. Oleh karena itu, setiap upaya untuk meningkatkan keragaman serangga parasitoid dalam lanskap pertanian perlu mempertimbangkan manajemen lokal dalam kaitannya dengan jenis habitat, lokasi di dalam lapangan dan manajemen pertanian di lanskap sekitarnya. Untuk mengembalikan keragaman serangga parasitoid perlu promosi pertanian organik bertujuan untuk meningkatkan tingkat total pertanian organik dan konektivitas peternakan individu. Diinformasikan oleh Montanez dan Amarillo-Suarez (2014) bahwa konversi hutan menjadi agroekosistem konvensional menjadi salah satu penyebab hilangnya keanekaragaman hayati serangga. Sebaliknya, praktik pertanian organik dengan merawat lingkungan dipandang sebagai alternatif untuk meningkatkan keanekaragaman hayati serangga. Hasil penelitian yang membandingkan keragaman serangga pada tanaman organik dan konvensional menunjukkan pertanian organik lebih baik untuk konservasi serangga-serangga bermanfaat. Kekayaan dan kelimpahan spesies serangga secara signifikan lebih tinggi pada pertanian organik. Demikian juga dikaitkan dengan keragaman guild trofik bahwa pertanian organik lebih tinggi dibandingkan pertanian konvensional.

Predator adalah konsumsi satu serangga atau mangsa oleh serangga lain atau predator di mana mangsanya masih hidup ketika predator pertama kali diserang (Begon, Townsend dan Harper, 2006). Definisi serangga predator adalah serangga yang membunuh dan mengkonsumsi semua atau bagian dari mangsanya, dan membutuhkan banyak item mangsa untuk mencapai kematangan (Price *et al.*, 2011). Serangga predator adalah musuh alami utama yang sangat mengurangi kerusakan tanaman oleh serangga hama (Sorribas *et al.*, 2016). Serangga predator berbeda dari serangga parasitoid dalam beberapa hal cara. Serangga predator membutuhkan banyak mangsa-mangsa selama perkembangannya, sedangkan serangga parasitoid menyelesaikan pengembangan hanya pada satu inang. Predator juga cenderung kurang spesifik serangga inang dari pada serangga parasitoid (Hagstrum, Phillips dan Cuperus (2012). Serangga predator yang telah digunakan sebagai agen pengendali hayati dengan memodifikasi lingkungan atau konservasi adalah kumbang koxi dan Neuroptera. Kedua predator tersebut dilaporkan telah diguakan sebagai agen pengendali hayati kutu daun, lalat putih dan serangga hama lainnya (Kushalappa dan Eskes, 2019). Serangga predator adalah kepik, capung, Neuroptera, kepik pirate, kumbang rove, kumbang tanah dan kutu daun (Mandjiny dan Upadhyay, 2017). Serangga predator adalah agen pengendalian hayati yang memiliki peran mengendalikan populasi serangga hama di agroekosistem. Ndakidemi, Mtei dan Ndakidemi (2016) menginformasikan bahwa serangga yang menguntungkan seperti predator di dalam ekosistem dapat mengendalikan serangga hama. Musuh alami dari serangga hama seperti serangga predator penting dalam mencegah kerusakan tanaman oleh serangga hama.

Pertanian organik dan tumbuhan penahan angin di tepi lahan pertanian dapat meningkatkan indeks keanekaragaman serangga predator terbang di sekitar agroekosistem sepanjang tahun. Sorribas *et al.* (2016) melakukan penelitian tentang kelimpahan, pergerakan dan keanekeragaman serangga predator terbang dari tanaman budidaya ke tanaman non budidaya. Serangga peradator terbangnya adalah Neuroptera. Neuroptera merupakan serangga predator generalis yang memiliki mobilitas terbang sangat tinggi dari lahan pertanian ke tumbuhan penahan angin di tepi lahan pertanian, vegetasi penutup tanah, dan kanopi pohon buah-buahan yang berada di sekitar agroekosistem. Ketiga tumbuhan ini adalah tempat tinggal serangga predator terbang di agroekosistem tradisional Mediterania. Hasil penelitian Sorribas, *et al.* (2016) menunjukkan

indeks kelimpahan dan indeks keanekaragaman serangga predator seperti Neuroptera di pertanian organik lebih tinggi dibandingkan dengan pertanian konvensional. Informasi juga bahwa indeks kelimpahan dan indeks keanekaragaman serangga predator seperti Neuroptera lebih tinggi pada tumbuhan penahan angin di tepi lahan dibandingkan vegetasi penutup tanah, dan kanopi pohon buah-buahan.

Aplikasi bioinsektisida seperti *Beauveria bassiana*, *Cordyceps militaris* dan *Metarhizium anisopliae* pada lahan padi sawah rawa air tawar terbukti tidak menurunkan keanekaragaman serangga-serangga predator yang memangsa bagi serangga herbivora. Herlinda *et al.*, (2020) telah menemukan 22 spesies serangga herbivora yang termasuk ke dalam 12 famili. Serangga herbivora tersebut didominasi oleh *Leptocoris acuta* dan *Nilaparvata lugens*. Serangga predator yang ditemukan ada 14 spesies tergolong delapan famili yang didominasi oleh spesies *Ophionea nigrofasciata*, *Verania discolor* dan *Paedorus fuscipes*. Kelimpahan serangga predator pada plot dengan aplikasi bioinsektisida lebih tinggi dibandingkan plot dengan aplikasi abamectin.

Lahan tanaman padi yang dikelilingi oleh refugia dan tanaman sayuran adalah habitat dan relung yang tepat bagi spesies serangga predator. Karenina *et al.* (2019) melaporkan bahwa serangga-serangga predator ditemukan sangat berlimpah pada lahan padi yang dikelilingi oleh refugia dan tidak berbeda secara signifikan dari lahan padi yang dikelilingi oleh sayuran. Keragaman spesies tertinggi untuk serangga predator ditemukan pada lahan padi yang dikelilingi oleh refugia, sedangkan keragaman spesies terendah ditemukan pada lahan padi dengan aplikasi pestisida sintesis. Oleh karena itu, lahan padi yang dikelilingi oleh bunga dan sayuran refugia adalah yang paling tepat untuk habitat dan relung serangga predator. Selain itu, jarak tanaman refugia dengan tanaman padi ternyata mempengaruhi jumlah spesies musuh alami serta kelimpahan musuh alami bagi serangga herbivora. Sumini dan Bahri (2020) menemukan semakin dekat jarak tanaman refugia dengan tanaman padi, maka semakin tinggi jumlah jenis musuh alami dan kelimpahannya. Sebaliknya semakin jauh jarak tanaman refugia dengan tanaman padi maka semakin rendah kelimpahan musuh alami dan jumlah spesiesnya. Jumlah jenis dan kelimpahan tertinggi musuh alaminya di tanaman padi yaitu pada jarak 0-2 m

dari tanaman refugia, sedangkan terendah pada jarak 8- 10 m dari tanaman refugia.

Tanaman sayuran berbunga, tanaman bunga liar atau tanaman non budidaya yang tumbuh di sekitar lahan padi adalah habitat dan relung bagi serangga parasitoid. Herlinda *et al.* (2019) melaporkan bahwa lahan padi yang dikelilingi empat spesies tanaman non-budidaya berbunga (*Sesamum indicum*, *Cosmos caudatus*, *Tagetes erecta* dan *Zinnia* sp.) dan empat spesies sayuran (*Luffa acutangula*, *Cucumis sativus*, *Momordica charantia* dan *Vigna unguiculata*) ditemukan tiga spesies parasitoid dan 17 spesies herbivora serta sembilan spesies serangga netral. Diinformasikan juga oleh Karenina (2020) bahwa lahan padi yang dikelilingi oleh 4 spesies refugia dan 4 spesies sayuran ditemukan 22 spesies serangga parasitoid. Serangga parasitoid dominan adalah *Snellenius* sp, *Elasmus* sp. dan *Cardiochiles* sp.

Keanekaragaman hayati musuh alami seperti serangga predator, serangga parasitoid dan serangga polinator memiliki berperan penting di agroekosistem. Feledyn-Szewczyk *et al.*, (2016) melaporkan konservasi keanekaragaman hayati sangat penting bagi berfungsinya ekosistem dan untuk memberikan layanan ekosistem. Menjaga keanekaragaman hayati dalam agroekosistem dapat menciptakan pertanian berkelanjutan. Keanekaragaman hayati diperlukan untuk membantu penyerbukan tanaman, perlindungan tanaman secara biokontrol dan resiklus nutrisi. Efek dari hilangnya keanekaragaman hayati mungkin tidak segera terlihat, tetapi keanekaragaman hayati dapat meningkatkan sensitivitas ekosistem terhadap berbagai tekanan abiotik dan biotik. Intensifikasi pertanian dengan meningkatkan penggunaan pestisida sintetik dan pupuk dapat meningkatkan produksi pertanian, tetapi menyebabkan lahan menjadi kritis. Oleh karena itu, pertanian global perlu mencari metode biologis dan agroteknical lainnya untuk memenuhi persyaratan produksi pangan global.

Tanaman budidaya dapat terlindungi dengan kehadiran musuh alami seperti serangga predator dan serangga parasitoid. Rodriguez-Saona, Blaauw dan Isaacs (2012) menyatakan bahwa tanaman tidak mampu menghindari dari musuhnya, yaitu herbivora yang mungkin memakannya. Namun, dalam keadaan tertentu tanaman dapat mengandalkan musuh alami untuk perlindungan. Musuh alami itu serangga yang merupakan predator dan parasitoid. Musuh alami membantu melindungi tanaman dari kerusakan yang disebabkan oleh serangga herbivore. Metode praktis telah dikembangkan dan

dievaluasi untuk melestarikan serta menambah musuh alami. Strategi ini termasuk meningkatkan kesesuaian lanskap tanaman untuk musuh alami dengan memanipulasi sumber daya yang tersedia untuk serangga dan penggunaan semiokimia untuk menarik serangga predator dan serangga parasitoid. Studi terbaru yang mengeksplorasi potensi memanipulasi perilaku musuh alami melalui diversifikasi vegetasi tanaman dan penggunaan semiokimia untuk meningkatkan pengendalian hayati di dalam agroekosistem.

4.2. Resistensi

Resistensi adalah kemampuan varietas tanaman untuk membatasi pertumbuhan dan perkembangan serangga hama. Varietas resisten dapat menunjukkan beberapa gejala penyakit atau kerusakan (Is, (2017). Definisi lain, resistensi adalah serangga pemakan tanaman, namun tanaman yang dimakan baik secara alami atau melalui rekayasa genetika mampu menahan kerusakan akibat serangan serangga. Tanaman tahan serangga umumnya menghasilkan senyawa yang beracun bagi serangga yang berusaha memakan tanaman yang resisten (Benn, Shattuck dan Bradford, 2010).

Serangga dan tanaman adalah organisme yang mengalami koevolusi. Ketika tanaman dipindahkan dari lingkungan akuatik ke lingkungan terestrial akan terlibat dalam persaingan dengan sejumlah pemakan tanaman atau tumbuh-tumbuhan dan mengalami beberapa tekanan terutama dari serangga herbivora. Demikian pula dan secara simultan perkembangan terjadi pada serangga yang memaksanya memakan berbagai tanaman. Dalam kompetisi ini, tanaman berevolusi mekanisme resistensi dengan mencoba memanfaatkan jalur metabolisme baru yang menghasilkan senyawa beracun bagi serangga-serangga pemakan tumbuhan. Dalam pertanian modern, mekanisme ketahanan tanaman inang digunakan dalam teknik pengelolaan hama terpadu yang ramah lingkungan. Menjadi lebih penting sekarang untuk memahami secara rinci mekanisme resistensi tanaman inang untuk lebih memperkuat program pengendalian serangga (Sadasivam dan Thayumanavan, 2003).

4.2.1. Resistensi Tumbuhan terhadap Hama Serangga

Jenis - jenis tanaman resisten terhadap serangga hama diklasifikasikan sebagai nonpreferensi atau antixenosis, antibiosis dan toleransi. Antixenosis menggambarkan resistensi tanaman untuk menolak atau menjerakan serangga-

serangga herbivora. Akibatnya, serangga hama dipaksa untuk memilih tanaman inang alternatif. Antixenosis menunjukkan adanya faktor morfologi atau kimia tanaman yang mengubah perilaku serangga, yang mengakibatkan serangga pemilihan tanaman inang alternatif. Perilaku serangga pada tanaman resisten bukan hanya memakan tanaman tapi tempat meletakkan telur dan berlindung (Sadasivam dan Thayumanavan, 2003).

Antibiosis adalah kategori resistensi tanaman yang berupa efek buruk pada riwayat hidup serangga, setelah serangga memakan tanaman-tanaman resisten tersebut. Efek buruk dapat berupa hambatan pertumbuhan, perkembangan dan lain-lain. Baik faktor kimia morfologi tanaman sebagai perantara antibiosis, dan efeknya pada tanaman resisten berkisar dari ringan hingga mematikan. Kematian instar awal, ukuran berkurang atau berat rendah, periode perkembangan yang tidak matang secara berkepanjangan, berkurangnya umur dan fekunditas imago, kematian pada tahap prepupal atau kepompong, dan perilaku abnormal dianggap sebagai parameter untuk mengukur efek antibiosis (Sadasivam dan Thayumanavan, 2003).

Toleransi tanaman inang adalah kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bereproduksi terlepas dari serangan serangga-serangga herbivora yang merusak populasi tanaman inang. Adanya toleransi ditentukan dengan membandingkan kerusakan, keberadaan tanaman, dan produksi biomassa tanaman atau hasil tanaman yang penuh dan tidak penuh dengan kultivar yang sama. Ekspresi toleransi ditentukan oleh kemampuan genetik tanaman (Sadasivam dan Thayumanavan, 2003).

Kategori resistensi, antixenosis, antibiosis, dan toleransi tanaman kacang merah kecil (*Lens culinaris* M.) terhadap kutu kacang (*Acyrtosiphon pisum* H.) (Hemiptera: Aphididae) telah dilaporkan oleh Mitku, Damte dan Wakgari (2019). Kutu kacang (*A. pisum*) adalah serangga hama lentil yang penting secara ekonomi di Ethiopia. Perkembangan genotipe lentil tahan kutu kacang dengan mekanisme resistensi yang diketahui adalah cara ekonomis dan efektif untuk mengelola hama ini. Oleh karena itu, penelitian saat ini dilakukan untuk menentukan mekanisme (antibiosis, antixenosis, dan toleransi) resistensi dalam enam genotipe lentil (*L. culinaris*) untuk kutu kacang. Tiga varietas yang dirilis (Alemaya, Chalew, dan R-186), tiga aksesi (ILL-2595 dan ILL-4422, dan ILL-7664) dan satu aksesi rentan termasuk dalam penelitian ini. Studi tanpa pilihan dilakukan untuk menentukan kategori antibiosis dan toleransi sementara studi pilihan bebas dilakukan untuk menentukan mekanisme resistensi antixenosis.

Dalam tes antibiosis, ada perbedaan signifikan dalam karakteristik tabel kehidupan dan statistik demografis di antara genotipe lentil yang resisten dan rentan. ILL-7664 memiliki tingkat efek antibiotik yang tinggi daripada yang lain. Alemaya memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap kutu kacang. Studi pilihan menunjukkan adanya resistensi antixenosis pada genotipe lentil, Chalew, ILL-2595 dan ILL-4422. Genotipe lentil yang dievaluasi menunjukkan berbagai jenis mekanisme resistensi dan tingkat ekspresi. Chalew menunjukkan tiga mode resistensi, yaitu antibiosis, antixenosis dan toleransi. Penelitian lebih lanjut harus berkonsentrasi pada tingkat antibiosis, yaitu racun dan inhibitor pertumbuhan ke *A. pisum*.

Mekanisme antixenosis, antibiosis dan toleransi 14 genotipe kacang kedelai terhadap lalat putih (*Bemisia tabaci*) telah dilaporkan oleh Sulistyono dan Inayati (2016). Serangan lalat putih (*B. tabaci*) pada tanaman kacang kedelai di Indonesia adalah satu faktor pembatas untuk meningkatkan produksi kedelai secara nasional. Varietas tanaman tahan hama dapat mengurangi kerugian akibat kerusakan yang disebabkan oleh hama ini. Uji tes pilih bebas dan uji tanpa pilih dilakukan di rumah kaca untuk mempelajari antixenosis dan antibiosis. Penentuan ketahanan genotipe kedelai terhadap lalat putih berdasarkan intensitas kerusakan daun yang terjadi pada minggu kelima setelah infestasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam tes pilihan bebas, Gema, IAC-100/Kaba-6, Malabar/IAC-100-85, Kaba/IAC-100/Burangrang-60, dan Kaba /IAC-100/Burangrang-63 menunjukkan mekanisme antixenosis yang berkorelasi dengan panjang dan kepadatan rendah trikoma daun serta ketebalan daun. Dalam tes tanpa pilihan, mekanisme antibiosis dapat dilihat dari sejumlah kecil orang dewasa yang berkembang dari nimfa. IAC-100/Kaba-8 dan IAC-100/Kaba-14 menunjukkan tingkat antibiosis yang tinggi. Selain itu, hasil eksperimen lapangan menunjukkan bahwa Gema, IAC-100/Kaba-14, dan Tanggamus /Pangrango - 78 menunjukkan toleransi terhadap lalat putih. Hal ini ditunjukkan pada sedikit penurunan hasil dari ketiga genotipe ini (masing-masing 17,33, 19,31, dan 19,85%).

Pentingnya resistensi antixenosis dan antibiosis terhadap kutu kebul kubis (*Aleyrodes proletella* L.) dalam kultivar kubis brussel telah dilaporkan oleh Hondelmann *et al.* (2020). Kutu kubis putih (*A. proletella*) adalah hama penting dari berbagai sayuran Brassicas. Pengendalian hama ini dengan pendekatan baru seperti penggunaan kultivar resisten diperlukan. 16 kultivar

kubis Brussels yang dikomersialkan untuk perlawanan spesies ini. Uji coba lapangan dengan tes antibiosis dan antixenosis dilakukan untuk memverifikasi hasil dalam kondisi alami. Beberapa kultivar konsentrasi glukosinolat daun dianalisis. Kutu kebul kubis pada kultivar tertentu secara signifikan terjadi peningkatan kematian, waktu perkembangan lebih panjang dan penurunan berat badan. Selain itu, beberapa kultivar secara signifikan kurang resisten. Ini memperlihatkan antibiosis dan antixenosis serta pola glukosinolat sebagian tidak konsisten.

4.2.2. Perkembangan varietas tanaman tahan serangga

Dampak teknologi DNA rekombinan untuk pengendalian serangga hama telah dimulai dari tahun 1980 an hingga sekarang ini. Ketika dilakukan penelitian-penelitian genetik molekuler akan meningkatkan pemahaman kita tentang struktur dan fungsi genom eukariotik. Saintis dalam hal ini akan lebih mampu memprediksi jenis-jenis manipulasi gen apa saja yang terbukti berguna dalam mengendalikan serangga-serangga di lapangan (Cockburn, Howells dan Whitten, 1984).

Pengembangan tanaman budidaya resisten terhadap serangan serangga herbivora telah dilaporkan oleh Sharma *et al.* (2000). Dengan munculnya teknik transformasi genetik, telah menjadi mungkin untuk mengkloning dan memasukkan gen-gen ke dalam tanaman budidaya. Gen-gen tersebut untuk memberikan sifat resistensi terhadap serangan serangga-serangga hama. Resistensi tanaman terhadap serangga herbivora telah ditunjukkan pada tanaman transgenik yang mengekspresikan gen untuk δ -endotoksin dari *Bacillus thuringiensis* (Bt), inhibitor protease, enzim dan lectin tanaman. Sebagian besar gen yang diturunkan tanaman menghasilkan efek kronis beracun dan beberapa serangga hama tidak sensitif terhadap beberapa faktor ini. Potensi gen yang diturunkan tanaman dapat direalisasikan dengan menyebarkannya dalam kombinasi dengan resistensi tanaman inang dan gen eksotis. Gen yang menganugerahkan resistensi terhadap serangga hama telah dimasukkan ke dalam tanaman budidaya seperti jagung, kapas, kentang, tembakau, kentang, beras, brokoli, selada, kenari, apel, alfalfa dan kedelai. Tanaman yang ditransformasi secara genetik dengan gen Bt telah dikerahkan untuk budidaya di AS, Cina, dan Australia. Namun, sangat sedikit yang telah dilakukan penggunaan teknologi ini untuk meningkatkan produksi tanaman di daerah tropis, di mana kebutuhan untuk meningkatkan produksi pangan paling

mendesak. Ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan strategi secara ilmiah untuk menyebarkan gen yang eksotis dan tumbuhan untuk meminimalkan tingkat kerugian yang disebabkan oleh serangga hama serta perlunya mengikuti peraturan keamanan makhluk hidup.

Gen-gen tanaman turut berperan dalam resistensi terhadap serangan serangga herbivora seperti aphid. Smith dan Boyko (2007) melaporkan ratusan gen yang berbeda terkait dengan gangguan jaringan dinding sel tanaman selama diserang aphid telah terbukti menginduksi respons pertahanan pada spesies *Nicotiana*, *Sorgum*, *Triticum* dan *Arabidopsis*. Mi-1.2, merupakan gen tomat untuk ketahanan terhadap kutu kentang, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) adalah anggota situs *nukleotida-binding* dan region kaya leucine Kelas II famili penyakit, nematoda dan gen resistensi arthropoda termasuk serangga. Studi terbaru ke dalam ekspresi diferensial gen kinase seperti Pto dan Pti1 pada tanaman gandum yang tahan terhadap kutu gandum Rusia, *Diuraphis noxia* (Mordvilko), memberikan bukti keterlibatan kelas Pto gen resistensi terhadap arthropoda termasuk serangga. Suatu analisis data yang tersedia menunjukkan bahwa kehadiran aphid untuk makan dapat memicu beberapa jalur sinyal pada tanaman. Sinyal awal termasuk pengenalan gen-untuk-gen dan sinyal pertahanan pada tanaman tahan kutu, dan pengenalan aphid yang merusak sel di tanaman yang resisten dan rentan. Selain itu, sinyal dimediasi oleh beberapa senyawa, termasuk asam jasmonat, asam salisilat, etilen, asam absisik, asam giberellic, oksida nitrat dan auksin. Sinyal-sinyal ini mengarah pada pengembangan pertahanan kimia langsung terhadap kutu daun dan respons terkait tekanan umum yang ditandai dengan baik untuk sejumlah tekanan abiotik dan biotik.

Resistensi dapat direkayasa melalui bioteknologi. Serangan serangga herbivora telah menjadi masalah pertanian serius penyebab berkurangnya produktivitas tanaman. Setiap tahun, diperkirakan 25% dari tanaman budidaya dirusak oleh serangga hama. Tanaman menghadapi serangga hama dengan memproduksi metabolit sekunder seperti terpenes, fenolik, senyawa yang mengandung nitrogen dan belerang yang membunuh atau menghambat perkembangannya. Pengembangan tanaman resisten serangga adalah keberhasilan besar dalam pertanian untuk mengurangi penggunaan pestisida, meningkatkan kualitas dan hasil serta mengurangi biaya produksi. Teknologi rekayasa genetika tanaman menawarkan kesempatan untuk mengembangkan tanaman tahan serangga

dengan penyisipan dan ekspresi gen yang menunjukkan ketahanan terhadap serangga hama (Rao *et al.*, 2016).

Meskipun beberapa metabolit sekunder telah dieksploitasi untuk rekayasa genetika terhadap peningkatan resistensi tanaman terhadap serangan serangga. Semua tanaman sebenarnya memiliki alat biosintetik untuk produksi metabolit sekunder, tetapi tidak semuanya menghasilkan metabolit yang dikenal dalam jumlah yang diperlukan untuk resistensi tanaman terhadap serangan serangga. Dengan demikian, pengetahuan menyeluruh tentang katalog metabolit sekunder, bioaktivitas tanaman terhadap serangga, jalur biosintetik dan enzim, mekanisme tindakan, dan pengaturan gen diperlukan sebelum mulai merekayasa jalur metabolisme untuk perlindungan tanaman yang lebih baik (Sadavivam dan Thayumanavan, 2003).

Metode untuk mengkloning potongan-potongan DNA paling sering menggunakan *Escherichia coli*. Bakteri ini memiliki kromosom E dan plasmid. Plasmid adalah molekul DNA melingkar kecil yang mereplikasi secara terpisah dari kromosom bakteri. Plasmid hanya memiliki sejumlah kecil gen, untuk mengkloning potongan DNA peneliti mengisolasi plasmid dari sel bakteri dan memasukkan DNA dari sumber lain (DNA asing) ke dalam plasmid menjadi molekul DNA rekombinan. Plasmid kemudian dikembalikan ke sel bakteri, lalu disebut bakteri rekombinan. Sel tunggal ini bereproduksi melalui pembelahan sel berulang untuk membentuk populasi sel yang identik secara genetik. Para saintis mengidentifikasi klon bakteri yang membawa gen resisten hama. Bakteri rekombinan selanjutnya dikultur, kloning gen ini diharapkan dapat melakukan metabolisme baru, seperti resistensi serangan serangga herbivora. Selanjutnya gen resistensi dari satu spesies tanaman dikloning untuk ditransfer ke tanaman spesies lain (Campbell *et al.*, 2009).

4.3. Kompetisi

Serangga adalah organisme adaptif dengan tingkat fekunditas tinggi serta siklus hidup yang pendek. Faktor biotik seperti inang, keanekaragaman hayati, kerumunan dan makanan dapat mempengaruhi dinamika populasi serangga secara signifikan. Respon serangga terhadap faktor-faktor biotik dapat memperpanjang tahap metamorfosis serangga, kelangsungan hidup dan tingkat perkembangbiakan (Khaliq *et al.*, 2014). Dari informasi ini serangga-serangga di dalam ekosistem dapat terjadi interaksi. Interaksi serangga dalam ekosistem

atau agroekosistem dapat menguntungkan dan merugikan serta tidak merugikan dan menguntungkan. Interaksi dapat terjadi dalam spesies yang sama atau interaksi beda spesies, sehingga dapat menciptakan kompetisi-kompetisi.

Definisi kompetisi adalah interaksi di antara individu yang disebabkan penggunaan bersama untuk sumber daya yang terbatas, pada akhirnya dapat mengurangi pertumbuhan, reproduksi atau kelangsungan hidup individu (Begon *et al.*, 2006). Kompetisi interspesifik adalah perpindahan spesies sebab pengusiran yang sebelumnya menempati suatu habitat sebagai hasil dari interaksi kompetitif langsung atau tidak langsung dengan spesies lain (Reitz dan Trumble, 2002). Kompetisi intraspesifik adalah kompetisi antara individu dari spesies yang sama. Efek kompetisi terhadap masing-masing individu dalam spesies tergantung pada jenis kompetisi yang terjadi (Gilad, 2008).

4.3.1. Kompetisi dan Sumber Daya Terbatas

Efek sumber daya terbatas pada kompetisi antara spesies berpengaruh pada stabilitas populasi serangga. Mwalusepo *et al.* (2014) menemukan model efek sumber daya pada kompetisi antara spesies serangga. Model digunakan untuk memprediksi dinamika populasi serangga pada sumber daya terbatas. Ketika satu spesies berinteraksi dengan satu sumber daya, maka spesies dapat membangun dan mempertahankan populasi yang stabil. Namun dalam situasi yang bersaing misalnya dua atau tiga spesies berinteraksi dengan satu sumber daya maka populasi tidak stabil.

Kompetisi dengan sumber daya terbatas dalam suatu percobaan telah dilaporkan oleh Nathanson (2009). Nathanson (2009) melakukan percobaan dengan populasi spesies tunggal dan populasi spesies campuran antara *Tribolium castaneum* (Hbst.) dan *T. confusum* Duv. Makanan (tepung) diganti dengan interval antara 30 hari dan 180 hari atau tidak diganti sama sekali. Hasil penelitian menunjukkan populasi spesies tunggal *T. confusum* punah lebih lambat dari pada populasi *T. castaneum*, sedangkan dalam populasi spesies campuran berubah dari populasi *T. castaneum* menjadi populasi *T. confusum*. Artinya populasi spesies campuran punah lebih lambat dari pada populasi spesies tunggal. Ketika sumber daya terbatas, populasi kedua spesies dapat bertahan lebih lama pada kondisi bersaing jika dibandingkan hanya berada masing-masing sebagai populasi spesies tunggal.

Pada umumnya, serangga memiliki potensi terjadi peningkatan populasi yang luar biasa, sehingga dapat mengeksploitasi sumber daya yang ada secara berlebihan. Hal ini seperti yang dilaporkan Harrison (1994) bahwa ngengat tussock (*Orgyia vetusta*) mencapai kepadatan resurgensi (*outbreak*), yang diikuti oleh defoliasi yang meluas, kematian tanaman dan akhirnya individu dalam populasi ngengat banyak yang mati. Sesungguhnya kepadatan populasi ada faktor pembatas seperti faktor iklim atau musuh alami. Persaingan untuk sumber daya terbatas seperti makanan, tempat tinggal dan oviposisi pada akhirnya menghalangi pertumbuhan populasi, sebab tingkat kelahiran (fekunditas) dan kelangsungan hidup rendah.

Ketersediaan makanan terbatas dapat memacu perilaku agresi pada larva kupu-kupu raja. Collie *et al.* (2020) melaporkan makanan mewakili sumber daya yang membatasi untuk pertumbuhan dan perkembangan dari banyak spesies hewan. Sebagai konsekuensinya, persaingan atas makanan, ruang, sumber daya atau lainnya dapat memicu teritorial dan perilaku agresif. Larva kupu-kupu raja, *Danaus plexippus* akan memakan sebagian besar tanaman *milkweed*, sebab tanaman *milkweed* sangat penting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Ketersediaan makanan seperti tanaman *milkweed* dapat memacu agresi yang meningkat selama perkembangan, puncaknya selama tahap instar keempat dan kelima. Jumlah larva yang saling berdesakan secara signifikan meningkat dalam kondisi ketersediaan pangan yang rendah, menunjukkan pertahanan sumber daya dapat memicu agresi. Larva kupu-kupu raja sebagai model interaksi antara ketersediaan sumber daya dan perilaku agresif dalam kondisi yang relevan secara ekologis dan serangkaian tahap untuk penyelidikan lanjut ke dalam neuroetologi agresi. Jadi dapat disimpulkan konsekuensinya interaksi dengan sumberdaya terbatas dapat terjadi interaksi negatif-negatif, menyebabkan kedua serangga terkena dampak buruk.

4.3.2 Tipe-Tipe dari Interaksi Kompetisi.

Tipe-tipe interaksi kompetisi serangga ada berapa macam, yaitu kompetisi intraspesifik, kompetisi interspesifik, kompetisi eksploitatif dan kompetisi kontes (Price *et al.*, 2011). Menurut Speight, Hunter dan Watt (2008) kompetisi intraspesifik menggambarkan persaingan untuk sumber daya terbatas oleh anggota spesies yang sama, sedangkan persaingan kompetisi interspesifik mengacu pada persaingan untuk sumber daya terbatas di antara anggota spesies yang berbeda.

Kompetisi intraspesifik terjadi dalam suatu populasi atau spesies yang sama punya efek pada populasi. Gillott (2005) menyatakan sifat alami dan jumlah interaksi di antara anggota spesies yang sama akan tergantung pada kepadatan populasi. Interaksi ini dapat bermanfaat atau berbahaya. Artinya akan ada kisaran kepadatan yang optimal untuk populasi tertentu, di mana efek dari interaksi ini akan paling bermanfaat. Di luar rentang kepadatan populasi ini, yaitu ketika ada berkurang populasi atau kelebihan populasi (*crowding*), interaksi ini akan kurang optimal untuk spesies. Hewan telah berevolusi berbagai mekanisme berfungsi baik untuk menjaga kepadatan optimal ini atau untuk mengubah kepadatan yang ada, sehingga membawanya dalam kisaran optimal.

Interaksi di antara individu dari spesies yang berbeda disebut kompetisi interspesifik. Kompetisi interspesifik dalam populasi serangga fitofag telah dilaporkan oleh Denno, McClure dan Ott (1995). Suatu eksperimen terhadap 193 interaksi spesies yang berpasangan, mewakili semua guild makan utama; memberikan informasi tentang terjadinya, frekuensi, simetri, konsekuensi, dan mekanisme kompetisi. Hasilnya kompetisi interspesifik terjadi dalam 76% interaksi, sering asimetris dan sering di sebagian besar guild (pemakan cairan tumbuhan, pengebor kayu dan batang, pemakan benih dan buah) kecuali serangga pemakan daun. Serangga fitofag lebih cenderung bersaing jika mereka terkait erat, berada di wilayah baru, berkelompok, diberi makan sumber daya berbeda, dan diberi makan rumput. Kompetisi interferensi paling sering antara herbivora pemakan daun yang tinggal di relung tersembunyi. Tanaman inang lebih sering memediasi interaksi kompetitif dari pada musuh alami, faktor fisik dan kompetisi interspesifik.

Selain itu, ada bentuk kompetisi berebut (*Scramble*), juga disebut sebagai kompetisi eksploitatif. Kompetisi ini terjadi ketika individu memiliki akses yang sama atau serupa ke sumber daya terbatas. Dalam kasus seperti itu, "perebutan" di antara individu untuk sumber daya sering mengakibatkan berkurangnya sumber daya, dengan konsekuensi yang parah bagi sebagian besar atau semua individu yang bersaing (Price *et al.*, 2011). Contoh eksperimental klasik dilaporkan oleh Nicholson (1954). Ketika 30 ekor larva atau belatung diberi makan 1 g bangkai, persaingan larva lemah, kematian larva rendah dan banyak imago lalat muncul. Sebaliknya, ketika kepadatan larva secara eksperimental meningkat menjadi 80 larva, persaingan larva

meningkat pada 1 g bangkai, lebih sedikit imago dihasilkan dan lalat ini reproduksinya menjadi rendah. Kepadatan larva ditambah lagi menjadi 200, makanan habis, larva mengalami kelaparan massal dan tidak ada imago yang muncul. Dengan demikian, dengan persaingan perebutan, sering terjadi eksploitasi sumber daya yang berlebihan, kematian dan kegagalan reproduksi dengan kepadatan tinggi, gangguan populasi yang drastis dan dinamika populasi yang tidak stabil. Diinformasikan oleh Speight, Hunter dan Watt (2008) bahwa kompetisi berebut mengacu pada interaksi di mana sumber daya terbatas digunakan secara merata oleh individu. Misalnya, jika nimfa capung (Odonata) di kolam bersaing untuk sumber daya item mangsa yang terbatas, dan setiap nimfa memakan biomassa mangsa yang kurang lebih sama. Oleh karena itu, dikatakan bahwa larva capung "berebut" untuk sumber daya: ketika pasokan makanan nimfa capung habis, semua nimfa menderita sama. Ini juga kadang-kadang disebut sebagai kompetisi eksploitasi.

Berbeda dengan kompetisi eksploitatif, kompetisi kontes atau kompetisi interferensi terjadi ketika beberapa individu mendapatkan akses yang lebih banyak dari sumber daya yang sama, sehingga menghilangkan akses individu lain baik konspesifik atau heterospesifik untuk sumber daya yang diperlukan. Interaksi yang memperlihatkan persaingan gangguan termasuk mematikan individu secara langsung, perilaku perpindahan agresif dan produksi bahan kimia yang menghambat (Price *et al.*, 2011). Ditambahkan oleh Speight, Hunter dan Watt (2008) kompetisi kontes dianggap mengarah pada dinamika populasi yang lebih stabil daripada kompetisi berebut. Walau sumber daya menurun, beberapa individu masih akan memiliki akses ke sumber daya yang cukup untuk pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan reproduksi. Sebaliknya pada kompetisi berebut dapat menyebabkan eksploitasi habitat yang berlebihan, jika ada individu yang menerima sumber daya yang memadai atau sebaliknya dalam kondisi seperti ini, reproduksi dapat menurun dengan cepat, terjadi emigrasi dan populasi terganggu dapat terjadi.

Daftar Pustaka

- Amala, U. and Shivalingaswamy, T. (2018) "Effect of intercrops and border crops on the diversity of parasitoids and predators in agroecosystem," *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28 (1), hal. 1-4.
- Begon, M., Townsend, C. R. and Harper, J. L. (2006) "The nature of predation," *Ecology: From Individuals to Ecosystems*, hal. 1-714.
- Benn, G., Shattuck, J., and Bradford, K. (2010) "Insect Resistance in Agricultural Crops," *California: University of California*, hal. 1-3.
- Buchori, D., Shari, B. and Nurindah (2008) "Conservation of Agroecosystem through Utilization of Parasitoid Diversity: Lesson for Promoting Sustainable Agriculture and Ecosystem Health," *Hayati Journal of Biosciences*, 15 (4), hal. 165-172.
- Busniah, M., Hakiki, A., and Martinius, M. (2020) "Diversity of Hymenopteran parasitoid in agricultural and primary forest in Lubuk Kilangan, Padang, West Sumatera, Indonesia," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 497 (1), hal.1-9.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. and Jackson, R.B. (2009) "Biology (Eighth Edition) ," *San Francisco, Boston, New York, Cape Town, Hong Kong, London, Madrid, Mexico City, Montreal, Munich, Paris, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto: Pearson Benjamin Cummings*, hal. 397-398.
- Cockburn, A.F., Howells, A.J. and Whitten, M.J. (1984) "Recombinant DNA Technology and Genetic Control of Pest Insects," *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 2 (1), hal. 66-99.
- Collie, J., Granela, O., Brown, E.B. and Keene, A.C. (2020) "Aggression Is Induced by Resource Limitation in the Monarch Caterpillar," *iScience*, 23 (12), hal. 1-16.
- Denno, R., McClure, M.S. and Ott, J.R. (1995) "Interspecific Interactions in Phytophagous Insects: Competition Reexamined and Resurrected," *Annual Review of Entomology*, 40 (1), hal. 297-331.
- Department of Primary Industries (2005) "Insects - Parasitoid: Natural enemies of helioverpa," *Queensland the Smart State*, hal. 1-12.
- Feledyn-Szewczyk, B., Kuś, J., Stalenga, J., Adam K., Berbec, A.K. and Radzikowski, P. (2016) "The Role of Biological Diversity in

- Agroecosystems and Organic Farming,” *Organic Farming - A Promising Way of Food Production*, hal. 3-28.
- Gilad, O. (2008) “Competition and Competition Models,” *Encyclopedia of Ecology*, hal. 707-712.
- Gillott, C. (2005) “Entomology (Third Edition) ,” *New York: Springer*, hal. 655-688.
- Godfray, H.C.J. (2001) “Parasitoids. In Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition),” *Elsevier Inc*, hal. 674-682.
- Hagstrum, D.W., Phillips, T.W. and Cuperus, G. (2012) “Stored Product Protection,” *Kansas: Kansas State University*, hal. 1-350.
- Herlinda, S., Prabawati, G., Pujiastuti, Y., Susilawati, Karenia, T., Hasbi, and Irsan, C. (2020) “Herbivore insects and predatory arthropods in freshwater swamp rice field in South Sumatra, Indonesia sprayed with bioinsecticides of entomopathogenic fungi and abamectin,” *Biodiversitas*, 21 (8), hal. 3755-3768.
- Herlinda, S., Karenina, T., Irsan, C. and 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 (11), hal. 3328-3339.
- Harrison, S. (1994) “Resources and dispersal as factors limiting a population of the tussock moth (*Orygia vetusta*), a flightless defoliator,” *Oecologia*, 99, hal. 27–34.
- Hondelmann, P., Paul, C., Schreiner, M. and Meyhöfer, R. (2020) “Importance of antixenosis and antibiosis resistance to the cabbage whitefly (*Aleyrodes proletella*) in brussels sprout cultivars,” *Insects*, 11 (1), hal. 1-16.
- Inclan, D.J., Cerretti, P., Gabriel, D., Benton, T.G., Sait, S.M., Kunin, W.E., Gillespie, M.A.K. and Marini, L. (2015) “Organic farming enhances parasitoid diversity at the local and landscape scales,” *Journal of Applied Ecology*, 52 (4), hal. 1102–1109.
- Is, F. (2017) “Definition of the Terms Describing the Reaction of Plants to Pests for the Vegetable Seed Industry,” *International Seed Federation*, hal. 1-2.
- Karenina, T., Herlinda, S., Irsan, C. and Pujiastuti, Y. (2020) “Arboreal Entomophagous Arthropods of Rice Insect Pests Inhabiting Adaptive Vegetables and Refugia in Freshwater Swamps of South Sumatra,” *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 42(2), hal. 214–228.

- Karenina, T., Herlinda, S., Irsan, C. and 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 (8), hal. 2375-2387.
- Khaliq, A., Javed, Sohail, M., and Sagheer, M. (2014) "Environmental effects on insects and their population dynamics," *Journal of Entomology and Zoology Studies JEZS*, 1 (22), hal. 1-7.
- Kushalappa, A. C. and Eskes, A, B. (2019) "Natural Enemies and Biological Control," *Coffee Rust*, hal. 161-170.
- Mandjiny, L.H. S. and Upadhyay, D. (2017) "Biological Control of Agriculture Insect Pests," *European Scientific Journal*, 10 (12), hal. 216-225.
- Mills, N.J., and Wajnberg, E. (2008) "Optimal foraging behavior and efficient biological control methods," *Behavioral Ecology of Insect Parasitoids: From Theoretical Approaches to Field Applications*, hal. 1-30.
- Mitku, G., Damte, T. dan Waggari, M. (2019) "Category of Resistance , Antixenosis, Antibiosis , and Tolerance to *Acyrtosiphon pisum* (H .) (Hemiptera : Aphididae) in Selected Lentil Genotypes (*Lens Culinaris* M .) ," *Journal of Plant Science*, 7 (1), hal. 26-35.
- Montanez, M.N. and Amarillo-Suarez, A. (2014) "Impact of organic crops on the diversity of insects: A review of recent research," *Revista Colombiana de Entomología*, 40 (2), hal. 131-142.
- Mwalusepo, S., Tonnang, H. E. Z., Massawe, E.S., Johansson, T. and Ru, B.P.L. (2014) "Stability analysis of competing insect species for a single resource," *Journal of Applied Mathematics*, 2014, hal. 1-15.
- Nathanson, M. (2009) "The effect of resource limitation on competing populations of flour beetles, *Tribolium* spp. (Coleoptera, Tenebrionidae)," *Bulletin of Entomological Research*, 65 (1), hal 1-12.

- Ndakidemi, B., Mtei, K. dan Ndakidemi, P.A. (2016) "The Potential of Common Beneficial Insects and Strategies for Maintaining Them in Bean Fields of Sub Saharan Africa," *American Journal of Plant Sciences*, 07 (03), hal. 425-426.
- Nicholson, A.J. (1954) "An outline of the dynamics of animal populations," *Australian Journal of Zoology*, 2(1), hal. 9 - 65.
- Nurindah (2012) "Peranan Parasitoid dan Predator dalam Pengendalian wereng Kapas *Amrasca biguttula* (Ishida) (Heteroptera: Cicadellidae)," *Perspektif*, 11 (1), hal. 23-32.
- Pijnakker, J., Vangansbeke, D., Duarte, M., Moerkens, R. and Wäckers, F. L. (2020) "Predators and Parasitoids-in-First: From Inundative Releases to Preventative Biological Control in Greenhouse Crops," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, hal. 1-38.
- Price, P.W., Denno, R.F., Eubanks, M.D., Finke, D.L. and Kaplan, I. (2011) "Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities," *Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Saõ Paulo, Delhi, Tokyo, Mexico City: Cambridge University Press*, hal 184-424.
- Rao, e., Divya, K., Prathyusha, V.S.N., Krishna, C.R. and Chaitanya, K.V. (2016) "Insect-Resistant Plants," In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering Crop Modification, Nutrition, and Food Production*, Elsevier, hal. 47-74.
- Reitz, S.R and Trumble, J.T. (2002) "Competitive displacement among insects and arachnids," *Annual Review of Entomology*, 47 (February), hal. 435-465.
- Rodriguez-Saona, C., Blaauw, B.R. and Isaacs, R. (2012) "Manipulation of Natural Enemies in Agroecosystems: Habitat and Semiochemicals for Sustainable Insect Pest Control," *Integrated Pest Management and Pest Control - Current and Future Tactics*, hal. 89-126.
- Sadasivam, S. dan Thayumanavan, B. (2003) "Molecular Host Plant Resistance to Pests," *New York: Marcel Dekker INC*, hal. 1-459.
- Schafer, L. dan Herz, A. (2020) "Suitability of european trichogramma species as biocontrol agents against the tomato leaf miner tuta absoluta," *Insects*, 11 (6), hal. 1-18.
- Sharma, H. C., Sharma, K. K., Seetharama, N. and Ortiz, R. (2000) "Prospects for using transgenic resistance to insects in crop improvement," *Electronic Journal of Biotechnology*, 3 (2), hal. 76-95.
- Smith, C.M. and Boyko, E.V. (2007) "The molecular bases of plant resistance

- and defense responses to aphid feeding: current status,” *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 122 (1), hal. 1–16.
- Sorribas, J., González, S., Domínguez-Gento, A. and Vercher, R. (2016) “Abundance, movements and biodiversity of flying predatory insects in crop and non-crop agroecosystems,” *Agronomy for Sustainable Development*, 36 (2), hal. 1-9.
- Speight, M.R., Hunter, M.D. and Watt, A.D. (2008) “Ecology of Insects Concepts and Applications,” *UK, USA, India, Singapore: John Wiley & Sons*, hal. 1-602.
- Sulistyo, A. and Inayati, A. (2016) “Mechanisms of antixenosis, Antibiosis, and tolerance of fourteen soybean genotypes in response to whiteflies (*Bemisia tabaci*),” *Biodiversitas*, 17 (2), hal. 447-453.
- Sumini dan Bahri, S. (2020) “The Diversity and Abundance of Natural Enemies in Rice Plants Based on the Distance To the Refugia Plants,” *J. Agrotek Tropika*, 8 (1); hal 177 - 184.
- Zhao, Z-H., Hui, C., He, D-H. and Li, B-L. (2015) “Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids,” *Scientific Reports*, 5, hal. 1-7.