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 Anggraini, Tili Karenina, Lina Budiarti, Lilian Rizkie, Dian Maharani Octavia

Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Anggota IKAPI

Pengantar Ekologi Serangga

Editor & Penulis:
Siti Herlinda, Yulia Pujiastuti, Chandra Irsan, Riyanto, Arsi, Erise Anggraini, 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 secara elektronis 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 Srijaya 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 Anggraini, 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 Anggraini, 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. Lengas 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. *Artificial Diet* (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

7.3. Natalitas atau Keperidian.....142
7.4. Mortalitas dan Panjang Umur.....144
7.5. Pembagian Umur dalam Populasi.....145
7.6. Perbandingan Kelamin (*Sex Ratio*).....146
7.7. Pemencaran Populasi (*Population Dispersal*).....147
7.8. Kemampuan Berbiak sebagai Faktor Bertautan-Padat.....148
7.9. Faktor-faktor Bertautan-Padat sebagai Faktor Pembatas ..151
7.10. Sebab Musabab Intrinsik 153
7.11. Hubungan Intra- dan Inter-spesies.....155
Bab 8. Adaptasi dan Alat Pelindung Serangga 165
8.1. Pendahuluan 165
8.2. Adaptasi Perilaku.....167
8.3. Adaptasi Morfologi.....174
8.4. Adaptasi Fisiologis 179
Bab 9. Metode Sampling Bioekologi Serangga 191
9.1. Pendahuluan 191
9.2. Teknik Sampling Random.....196
9.3. Teknik Sampling Non-Random.....205
9.3. Ukuran Sampel dan Waktu Sampling.....207
Bab 10. Metode Analisis Keanekaragaman Serangga 217
10.1. Serangga dalam Ekosistem.....218
10.2. Keanekaragaman Musuh Alami 221
10.3. Indeks Keanekaragaman.....225
10.4. Indeks Kemiripan Spesies 229
10.5. Faktor Mempengaruhi Keanekaragaman Serangga 231
Bab 11. Layanan Ekosistem dan Perubahan Global Kehidupan Serangga ..244
11.1. Pendahuluan 244
11.2. Peran Keanekaragaman dalam Jasa Ekosistem 248
11.3. Layanan Jasa Ekosistem Serangga 249
11.4. Layanan Jasa Ekosistem dari *Edible Insects* 256
11.5. Perubahan Global terhadap Kehidupan Serangga 259
Glosarium.....269
Biodata Penulis 275

Kata Pengantar

Penyusunan buku ajar ini dilatarbelakangi oleh masih terbatasnya buku pegangan tentang ekologi serangga yang berbahasa Indonesia. Penyusunan buku ajar ini juga dilatarbelakangi oleh tuntutan kurikulum nasional untuk menjadikan mata kuliah Ekologi Serangga wajib bagi mahasiswa Program Sarjana Proteksi Tanaman dan mata kulian pilihan untuk program studi di bawah lingkup Fakultas Pertanian di Indonesia. Isi buku ini sebagian juga dapat dijadikan pengantar pada mata kuliah Dasar-dasar Perlindungan Tanaman; Pengendalian Hama Terpadu; dan Pengendalian Hayati dan Pengelolaan Habitat. Buku ini juga dapat dipergunakan sebagai referensi bagi para peneliti dan praktisi, dan petugas/pelaksana lapangan yang ingin lebih memperdalam ilmu tentang ekologi serangga.

Buku ini membahas pengetahuan dasar mengenai hubungan antara serangga dan lingkungannya, faktor-faktor yang berperan dalam perkembangan populasi dan sejarah kehidupannya, serta dinamika interaksi serangga-tanaman, antar populasi dan komunitas serangga, termasuk implikasi dari perubahan global terhadap kehidupan serangga. Penulis menyadari bahwa isi buku ajar ini masih jauh dari sempurna sehingga masih diperlukan perbaikan dan penyempurnaan. Ilmu pengetahuan tentang ekologi serangga akan terus berkembang dan materi yang ditulis pada buku ini akan terus mengalami perubahan seiring dengan dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan tentang ekologi serangga.

Atas diterbitkannya buku ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Sriwijaya dan Dekan dan Wakil Dekan Bidang Akademik (Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc., (Hons)., Ph.D.), Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kesempatan dan dorongan dalam penulisan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pengembangan konsep ekologi serangga di Indonesia.

Desain grafis cover buku Pengantar Ekologi Serangga ini dibuat oleh Yan Wenli Situmorang dan foto hasil jepretan Kevin Christian Bakkit Pakpahan, mahasiswa Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Kami mengucapkan terima kasih

kepada kedua mahasiswa tersebut atas kesediaannya mendesain dan menyiapkan foto cover buku ini.

Palembang, 30 Maret 2021
Atas nama penulis,

Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si.

Bab 11. Layanan Jasa Ekosistem dan Perubahan Global terhadap Kehidupan Serangga

Yulia Pujiastuti

Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Kampus Indralaya, Jalan Palembang-Prabumulih Km. 32 Indralaya Ogan Ilir Sumatera Selatan. Email: ypujiastuti@unsri.ac.id

11.1. Pendahuluan

Istilah layanan jasa ekosistem (*ecosystem service*) mulai diperkenalkan dan menjadi trendy sejak tahun 2000-an. Namun, dalam waktu tiga dekade sebelumnya, telah dirumuskan istilah "*jasa lingkungan (ecological service*)" yang mencantumkan jasa termasuk penyerbukan oleh serangga pengaturan iklim dan pengendalian banjir (SCEP,1970 *dalam* Anonim,2015a). Istilah ini berkembang di kalangan ilmuwan dengan banyak variasi, tetapi pada akhirnya istilah "jasa ekosistem (ecosystem service)" menjadi istilah standar. Istilah ini dipopulerkan pertama kali oleh Millennium Ecosystem Assessment (MEA) pada tahun 2005. Secara umum jasa ekosistem berarti manfaat yang diberian ekosistem alam yang sehat bagi keberlanjutan hidup manusia. Sebatang kayu yang tumbuh rimbun disebut memberikan jasa ekosistem karena mengurangi polusi udara, memurnikan sumber air, mengurangi polusi udara dan membantu membersihkan udara dengan menangkap dan menyimpan karbon (Payne and Itterbeeck, 2017; Potschin dan Haines-Young, 2016). Selain itu, tanaman tersebut juga memberikan/menghasilkan kayu untuk bahan bangunan, tempat untuk rekreasi dan keindahan. Khusus untuk bidang serangga, jasa ekosistem

serangga memberikan pengertian bahwa serangga mempunyai peran khusus yang dapat mendukung, melayani, dan mencukupi kebutuhan pada suatu ekosistem (MEA,2005; Schowaltera *et al*. (2017). Dalam memberikan layanan jasa ekosistem, peran serangga dibagi dalam 4 kelompok (Schowaltera et al.,2017; Looy et al., 2014) yaitu a). Penyedia (*provisioning service*), berkaitan erat dengan produksi makanan, fiber, air dan sumber lainnya; b). Pendukung (*supporting service*), berkaitan dengan produksi tanaman, penyerbukan, dekomposisi dan siklus hara; c). Pengaturan (*regulating service*) membicarakan tentang pengendalian hayati, dan mekanisme umpan balik; dan d). Budaya (*cultural service*) berkaitan dengan keuntungan non-material seperti rekreasi, spiritual dan nilai keindahan lain (Tabel 11.1).

Tabel 11.1. Jasa ekosistem serangga dalam lingkup ekosistem

Jasa ekosistem framework			
Jasa penyedia	Jasa pendukung	Jasa pengaturan	Jasa budaya
-Pangan	-Siklus nutrisi	-Pengendalian	-Spiritual
-Produksi bahan bakar	-Produksi primer	-Purifikasi air	-Pendidikan
Jasa ekosistem dari serangga			
-Serangga layak dikonsumsi	-Dekompossi	-Pengendalian hayati	-Pendidikan
-Suplemen pada Rantai makanan	-Index Kualitas air	-Penyerbukan	-Rekreasi
-Obat-obatan	-Akumulasi nutrisi		-Agama dan nila-nilai spiritual

Sumber : MEA (2015), Morimoto (2020)

11.1.a. Kelompok Jasa ekosistem Penyedia (*Provisioning Service*)

Jasa ekosistem penyedia merupakan jasa dari organisme yang menghuni ekosistem dan memberikan manfaat sebagai penyedia pakan atau materi lain bagi organisme didalam ekosistem tersebut. Serangga adalah komponen utama di area pertanian dan kehutanan. Mata *et al*. (2017) menyatakan bahwa serangga memainkan peran ekologis kunci sebagai mangsa bagi taksa lainnya terutama burung pemakan serangga, reptil, dan kelelawar mikro. Selain itu kontribusi serangga dan taksa invertebrata lainnya berkurang setengahnya terhadap proses pembusukan serasah, pemangsaan benih dan predasi invertebrata karena penurunan kelimpahan invertebrata yang signifikan. Termasuk dalam kelompok ini adalah *edible insect* atau serangga yang layak dikonsumsi, bagian dari rantai makanan dan serangga yang berperan sebagai obat. (*Edible insects* akan dibicarakan pada sub bab tersendiri.) Serangga yang berperan dalam rantai makanan tentu saja dimulai dari penyediaan serangga tersebut sebagai pakan bagi serangga lain atau bagi organisme tingkat yang lebih tinggi seperti burung-burung, mamalia, reptilia dan sebagianya. Bahkan dalam tingkatan trofik pada jaring serangga, terdapat tingkat trofik yang lebih tinggi yakni karnivora tingkat kedua dimana predator yang menempati tingkat pertama dalam menyediakan diri sebagai pakan bagi karnivora tingkat lebih tinggi. Sebagai contoh kutu daun (herbivora) dimangsa oleh capung (sebagai karnivora tingkat pertama) dan selanjutnya capung akan dimangsa oleh burung (sebagai karnivora tingkat kedua).

11.1.b. Kelompok Jasa Ekosistem Pendukung (*Supporting Service*)

Jasa ekosistem yang termasuk dalam kelompok pendukung adalah jasa yang mendukung terjadinya proses-proses dalam ekosistem tersebut. Yang termasuk dalam jasa ekosistem pendukung adalah serangga yang mempu melakukan dekomposisi, ataupun serangga yang mampu mempengaruhi kualitas air dalam suatu lingkungan. Walaupun secara tidak langsung jasa ekosistem tersebut diberikan oleh serangga, namun kelancaran proses didalam ekosistem sangat tergantung dari keberadaan serangga dekomposer. Misalnya dalam

menguraikan sampah atau bangkai yang terdapat dalam ekosistem, tidak dipungkiri bahwa dekomposer memegang peranan yang penting (Schowaltera et al., 2017).

11.1.c. Kelompok Jasa Ekosistem Pengaturan (*Regulating Service*)

Jasa pengaturan merupakan jasa ekosistem dari organisme yang diberikan kepada ekosistem untuk dapat melakukan pengaturan terhadap populasi atau proses didalam suatu habitat. Sebagai contoh serangga pada tingkat trofik kedua berupa karnivora yaitu predator dan parasitoid, keberadaannya di ekosistem dapat menjadi agens yang dapat mengatur pertumbuhan populasi herbivora. Setiap fase hidup predator memerlukan mangsa cukup bagi kebutuhan hidupnya, sehingga jumlah mangsa akan semakin menurun (Jones and Snyder, 2018). Dengan menurunnya tingkat populasi herbivora, berarti tingkat kerusakan tanaman juga akan menurun. Dengan demikian potensi untuk menghasilkan produk akan semakin besar.

11.1.d. Kelompok Jasa Eksosistem Budaya (*Cultural Service*)

Layanan jasa yang diberikan oleh suatu ekonsistem dapat berupa keuntungan non materi berupa keindahan, dan kenyamanan bagi manusia. Suatu ekosistem dengan keanekaragaman yang tinggi, seperti hutan mangrove, hutan sekunder dan hutan kota, dapat memberikan suasana yang nyaman dan dapat digunakan untuk rekreasi bagi seluruh masyarakat. Keuntungan non materi berupa ketenangan dan kebahagaiaan, walaupun tidak mudah diukur, namun diakui telah membawa jasa ekosistem ini diperhitungkan. Dalam hal ini layanan jasa ekosistem dapat berupa pendidikan dimana ekosistem tersebut dapat digunakan untuk belajar bagi yang membutuhkan data atau pengetahuan. Sebagai contoh keindahan alam danau, pesisir pantai, dan taman nasional merupakan jasa ekosistem bagi manusia untuk rekreasi guna meningkatkan kebahagiaan (Yuniarti *et al*., 2018).

11.2. Peran Keanekaragaman dalam Jasa Ekosistem

Keanekaragaman dalam suatu ekosistem memegang peran penting, terutama untuk layanan jasa ekosistem. Untuk memahami bagaimana keanekaragaman hayati mempengaruhi jasa ekosistem, pertama-tama harus diketahui tentang penyusun ekosistem meliputi produsen, konsumen dan pengurai serta adanya aliran energi dan materi didalam ekosistem tersebut. Cardinale *et al*. (2012) menyimpulkan bahwa hilangnya keanekaragaman hayati mengurangi efisiensi yang digunakan komunitas ekologi dalam menangkap sumber daya yang penting secara biologis, menghasilkan biomassa, melewati masa pembusukan dan mendaur ulang nutrisi penting secara biologis. Beberapa peneliti menyatakan berkurangnya keanekaragaman hayati tanah dapat mengurangi siklus nitrogen dan keanekaragaman tumbuhan (Bardgett & Putten, 2014; Wagg *et al*., 2014).

Eksositem hutan mangrove merupakan contoh yang baik. Penurunan ekosistem mangrove akan berdampak terhadap ekonomi, lingkungan/ekologi, sosial dan budaya bagi masyarakat pesisir (Rahardi dan Suhardi, 2016). Sebagai suatu ekosistem, mangrove atau hutan bakau tidak hanya terdiri dari pohon bakau (*Rhizophora* spp.) saja, tetapi juga oleh pohon, semak, paku-pakuan, dan palem bakau (Djohan *et al*., 2015). Secara ekonomi, ekosistem mengrove memberikan layanan jasa pendukung sebagai habitat yang ideal bagi beberapa mamalia, treptilia, butung-burung, ikan dan inverteberata. Hutan mangrove juga memberikan jasa pendukung sebagai sumber pakan konsumen binatang tingkat rendah seperti cacing dan kepiting, yang selanjutnya dalam jaring makanan akan mendukung tingkat trofik berikutnya dalam ekosistem. Layanan jasa budaya berupa keindahan dan rekreasi, dapat diberikan oleh hutan mangrove. Selain itu, jasa yang diberikan oleh ekosistem mangrove sangat terasa bagi tempat hidup berbagai organisme air, meningkatkan kadar oksigen dan menurunkan kadar karbondioksida. Peran yang tidak kalah penting adalah memberikan keindahan dan kesejukan bagi wisatawan.

11.3. Layanan Jasa Ekosistem Serangga

Dunia pertanian merupakan lapangan pekerjaan yang digeluti oleh sebagian besar penduduk di Indonesia. Jumlah penduduk yang bekerja di sektor pertanian sebanyak 31,86 % atau 39,68 juta dan harus menyediakan pangan bagi sebanyak 270,20 juta (BPS, 2020). Ketersediaan pangan menopang kehidupan manusia sehingga penurunan hasil pertanian akan menyebabkan bencana kelaparan. Pada ekosistem pertanian, keanekaragaman spesies memegang peran penting dalam memberikan jasa ekosistem. Penelitian menunjukkan bahwa pada tingkat keanekaragaman yang tinggi, akan memberikan jasa ekosistem yang stabil dibandingkan dengan keanekaragaman spesies yang rendah. Jaring makanan juga terpengaruh dengan adanya keanekaragaman yang tinggi. Pada umumnya ekosistem stabil dihuni oleh mahluk hidup dengan biodiversitas yang tinggi. Berbagai spesies memegang peran yang penting dalam memberikan jasa ekosistem dalam interaksinya yang kompleks dalam *food web* (jaring makanan) (Noriega *et al*., 2017). Oleh karena itu, perubahan keanekaragaman spesies akan berakibat pada perubahan ekosistem secara berkelanjutan (Hines *et al*., 2015).

Dalam proses budidaya pertanian, telah diketahui jasa ekosistem serangga yang cukup besar. Apabila dimasukkan dalam kelompok jasa ekosistem, maka serangga dalam usaha pertanian dapat dimasukkan dalam golongan pendukung, yakni dari kelompok herbivora, predator, parasitoid, polinator, dan dekomposer (Noriega et al., 2017; Goutam et al., 2017).

11.3.a. Jasa ekosistem dari herbivora sebagai sumber pakan bagi organisme lain

Serangga herbivora atau lebih dikenal dengan serangga hama merupakan serangga yang merugikan manusia karena serangannya terhadap tanaman akan menimbulkan kehilangan hasil bagi tanaman tersebut. Namun demikian, serangga herbivora ini juga turut memberikan layaan jasa ekosistem karena menyediakan diri sebagai pakan baik bagi serangga predator maupun parasitoid. Jumlah dan keanekaragaman herbivora sangat mempengaruhi kehidupan kelompok tersebut. Dalam hal ini serangga herbovira dapat disebut sebagai memberikan jasa ekosistem sebagai sumber pakan (Mata *et al*., 2017; Goutam *et al*., 2017). Sebagai contoh kutu daun selain berperan sebagai hama

juga memberikan layanan jasa ekosistem penyedia bagi predator kumbang Coccinellidae baik stadia larva maupun imago. Oleh karena itu serangga herbivora juga berperan dalam penagturan karena tingkat populasi predator dan parasitoid dapat diatur oleh keberadaan populasi herbivora (Goutam *et al*., 2017).

11.3.b. Jasa Ekosistem dari Predator

Serangga predator adalah serangga yang memangsa/memakan serangga lain sebagai sumber pakannya dengan cara memakan secara langsung (keseluruhan tubuh mangsa) ataupun secara bertahap. Biasanya ukuran tubuh predator lebih besar dari mangsanya (*prey*). Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, pada umumnya serangga predator membutuhkan lebih dari satu individu. Terdapat predator generalis dan spesifik. Sebagai contoh predator generalis adalah laba-laba atau spiders yang dapat memangsa berbagai jenis serangga (Kenis *et al*., 2019; Pappas *et al*., 2019). Jasa ekosistem dari predator adalah jasa pengaturan populasi hama atau herbivora. Keberadaan predator sebagai agens pengendali hayati akan berpengaruh pada kepadatan populasi, terutama bila pada kepadatan populasi tinggi. Hal ini tergantung dari stadia hidup predator (yang aktif memangsa biasanya adalah larva atau imago), keberadaan predator dan mangsa pada suatu tempat, kesesuaian stadia hidup antara mangsa (*prey*) dengan pemangsa (*predator*), stamina predator dalam memburu mangsa (Jones and Snyder, 2018) Selain itu, jasa ekosistem dari predator adalah sebagai pendukung. Sebagai contoh, kumbang Coccinellidae berperan sebagai predator utama pada spesies kutu daun dan aphid. Namun pada saat populasi kedua spesies tersebut rendah, kumbang predator tersebut dapat menggantikan mangsanya dengan pakan alternatif yaitu nektar dan pollen (Hodek *et al*., 2012). Dalam penelitiannya, mereka menggunakan telur larva *mediteranenan flour moth*, aphis, pollen bunga dan larutan madu terhadap daya mangsa kumbang *Adalia bipunctata*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika jumlah mangsa rendah atau tidak ada sama sekali, maka pollen bunga dan larutan madu tersebut dapat menopang kehidupan stadia larva dan imago sampai selanjutnya mereka mendapatkan mangsanya lagi. Hal ini menggaris bawahi pernyataan bahwa serangga predator dapat mengkonsumsi tanaman sebagai alternatif pakan pada saat pakan aslinya (mangsa) dalam keadaan yang sangat sedikit. Oleh karena itu, ekosistem yang stabil sangat diperlukan dalam

kelangsungan hidup predator. Dalam hal ini penanaman tanaman refugia, juga akan sangat membantu dalam ketersediaan pakan alternatif dan tempat hidup sementara bagi predator (Hines *et al*. 2015).

Pengetahuan tentang hubungan anatara tanaman dan predator dalam jaring makanan akan memperjelas arti layanan jasa ekosistem dari predator. Castane *et al*. (2011) melaporkan hasil penelitian tentang kumbang *Macrolophus pygmaeus*, predator pada pada kutu daun tanaman tomat. Ketika saat awaltanam predator tersebut pada kondisi poopulasi tinggi, maka akan menyebabakan adanya penurunan tingkat populasi kutu daun, namun juga mempengaruhi tingkat produksi. Karena dengan menurunnya tingkat populasi hama, maka kumbang predator tersebut akan memakan pollen dan selanjutnya akan berperan sebagai serangga penyerbuk.

11.3.c. Jasa Ekosistem dari Parasitoid

Parasitoid merupakan salah satu agens pengendali hayati yang telah dimanfaatkan oleh manusia dalam mengendalikan hama secara hayati. Parasitoid didefinisikan sebagai serangga yang pada stadia pradewasa (larva) bersifat parasit terhadap serangga herbivora sedangkan fase dewasanya (imago) hidup bebas di alam dengan nektar bunga sebagai sumber makanannya (Price *et al*. 2011). Parasitoid hidup dengan cara memarasit serangga lain yaitu dengan cara hidup didalam tubuh inang (*endoparasitoid*) maupun di luar tubuh serangga (*ektopararasitoid*). Dari cara hidupnya, parasitoid ada yang hidup sendiri (*soliter*) artinya dalam satu tubuh inang hanaya ada satu parasit, namun ada juga beberapa individu hidup dalam satu inang (*gregarius*). Faktor yang mempengaruhi kehidupan parasitoid terutama adalah keadaan inang (ketersediaan dan tingkat populasi inang), dan lingkungan mikro terutama saat parasitoid berada pada fase imago. Pada umumnya fase imago berupa serangga bersayap, membutuhkan pakan berupa nektar dari tanaman berbunga. Apabila dijumpai banyak tanaman berbunga, maka kehidupan parasitoid akan terjamin karena terpenuhi kebutuhan pakannya. Semakin banyak dan beragam tanaman bunga yang tersedia, maka imago parasitoid mendapat peluang untuk survive dan menemukan inang bagi keturunannya. Lingkungan yang demikian disebut sebagai lingkungan yang kompleks, sedangkan daerah yang hanaya ditanami dengan sedikit jenis tanaman dengan tingkat populasi tanaman yang rendah disebut sebagai lingkungan yang sederhana. Pada lingkungan yang kompleks, tingkat

parasitasi dapat mencapai 62,99-74,63 % sedangkan pada lingkungan sederhana 0-26,74 % (Buchori, 2014).

Layanan jasa ekosistem dari parasitoid termasuk dalam jasa pengaturan. Dalam hal ini, parasitoid dapat membunuh serangga herbivora sehingga tingkat kepadatan populasi herbivora akan menurun (Noriega *et al*., 2017). Jasa ekosistem dari parasitoid akan meningkat apabila didukung oleh keanekargaman tanaman yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk berlindung sementara untuk mendapatkan pakan yang sesuai bagi imago parasitoid.

11.3.d. Jasa Ekosistem dari Polinator

Serangga mempunyai kemampuan untuk menyerbuki bunga. Pada umumnya serangga polinator adalah serangga yang aktif terbang. Serangga tersebut mempunyai sayap sepasang atau dua pasang. Pada umumnya serangga polinator memiliki ciri berupa rambut-rambut halus di seluruh tubuhnya seperti pada lebah. Khusus pada famili Apidae memiliki *corbicula* (*pollen basket*) pada tungkai belakang (Parker *et al.*, 2015). Kemampuan menyerbuki bunga dipengaruhi oleh kesesuaian waktu pembungaan, aktivitas serangga dalam mengunjungi bunga (frekuensi cukup sering atau terbatas) dan preferensi serangga terhadap bunga karena kondisi bunga, warna bunga atau kandungan nektar (Kidoro dan Higashi, 2010; Scaven dan Laverty, 2013)

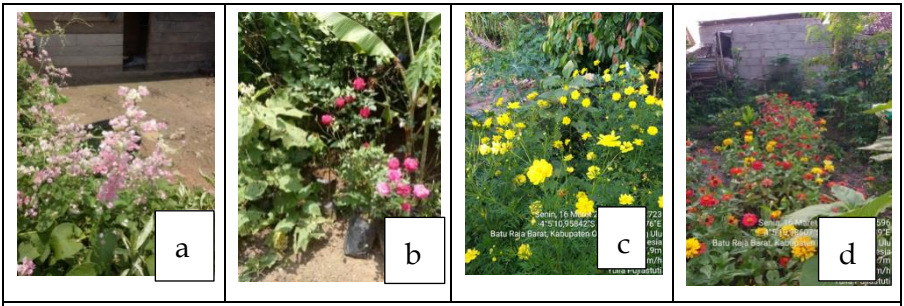
Dari perilaku serangga yang awalnya hanya akan mendapatkan nektar atau polen bunga, ternyata mempunyai dampak samping yaitu terbawanya serbuk sari pada bagian tubuh serangga tersebut. Beberapa ordo serangga berperan sebagai polinator antara lain Diptera, Coleoptera, Hymenoptera dan Lepidoptera (Widhiono, 2015). Sebagai contoh lebah madu *Apis cerana* (Hymenoptera:Apidae) berperan sebagai penyerbuk yang sangat handal karena dengan aktivitasnya untuk mengambil nektar bunga, akan membawa hasil samping berupa serbuk sari yang menempel bada tungkai atau bagian abdomennya. Ketika lebah madu berpindah pada bunga yang lain, secara alami serbuk sari yang menempel pada tungkainya tersebut akan jatuh berpindah pada bunga yang lain dengan mengenai kepala putik. Akibatnya akan terjadi pembuahan (fertilisasi) (Widhiono, 2015). Gambar berikut menunjukkan berbagai spesies serangga penyerbuk pada bunga wortel.

Gambar 11.1. Berbagai serangga polinator pada bunga wortel

Penyerbukan yang dilakukan oleh serangga dapat digolongkan sebagai layanan jasa eksosistem pendukung yaitu layanan dalam proses penyerbukan yang akan menghasilkan buah atau produksi tanaman. Ini berarti bahwa serangga penyerbuk memberikan layanan jasa pendukung pada kehidupan manusia dalam ekosistem. Selain itu layanan penyerbukan juga disebut sebagai jasa pengaturan karena memberikan dampak yang baik bagi ekosistem. Oleh karena itu apabila populasi serangga penyerbuk menurun dan keanekaragaman serangga juga menurun, akan menyebabkan penurunan layanan jasa penyerbukan baik pada tanaman budidaya maupun tumbuhan liar (Potts *et al*., 2010)

Serangga penyerbuk seperti lebah madu baik yang bersengat maupun yang tidak bersengat akan memberikan jasa ekosistem berupa madu. Proses menghasilkan madu dalam sarang lebah tidak terlepas dari aktivitas lebah madu dalam penyerbukan tanaman. Lebah madu bersengat *Apis cerana* (Hymenoptera: Apidae) dan *Trigon*a sp. (Hymenoptera: Apidae) merupakan contoh klasik bagi serangga penghasil madu. Pada umumnya serangga bersengat memiliki perilaku terbang dalam jarak sekitar 5 km, sedangkan lebah tidak bersengat hanya mampu mencapai 500 meter saja. Akhir-akhir ini pemeliharaan kedua spesies serangga tersebut semakin menjadi populer mengingat kebutuhan madu yang semakin meningkat. Keanekaragaman jenis tanaman akan sangat membantu lebah madu dalam menghasilkan rasa dan aroma madu tertentu. Sebagai contoh, lebah madu yang hidup pada habitat tanaman kopi akan mengahsilkan madu dnegan aroma kopi, begitu juga ketika lebah madu hidup pada habitat tanaman kelengkeng, akan menghasilkan madu dengan aroma buah kelengkeng (Savitri *et al*., 2017). Kualitas madu dapat diketahui dari warna, aroma dan rasa. Jenis tanaman sebagai sumber nektar merupakan pengaruh dominan terhadap kualitas madu. Namun ada faktor eksternal yang juga mempengaruhi kualitas madu yakni musim penghujan

atau musim kemarau, kualitas tanah tempat tanaman hidup dan teknik penyimpanan madu setelah dipanen (Nayik dan Nanda, 2015).



Gambar 11.2. Tanaman bunga sebagai sumber nektar bagi lebah madu

a. Bunga air mata pengantin (*Antigonon leptopus*)
b. Bunga mawar (*Rosa* sp.)
c. Bunga kneikir (*Cosmos caudatus*)
d. Bunga kembang kertas (*Zinia elegans*)

Gambar 11.3. Bentuk *stup* (kotak sarang lebah madu) dan hasil madunya

a. Pemeliharaan lebah madu bersengat *Apis cerana*
b. Hasil madu *A. cerana*
c. Pemeliharaan lebah tak bersengat *Trigona* sp.
d. Hasil madu *Trigona* sp.

Lebah madu baik bersengat maupun tidak bersengat telah dipelihara manusia dengan tujuan untuk mendapatkan hasil berupa madu. Pemeliharaan lebah madu harus diikuti dengan usaha menanam berbagai jenis tanaman untuk

penyediaan nektar yang cukup bagi lebah madu tersebut. Jenis tanaman yang banyak digunakan adalah tanaman yang berbunga banyak, waktu berbunga sepanjang tahun dan dapat dipelihara dengan mudah (Gambar 11.2).

11.3.e. Jasa Ekosistem dari Dekomposer

Serangga dekomposer memberikan layanan jasa ekosystem berupa jasa pengaturan dan pendukung. Serangga dekomposer memakan kotoran hewan, meningkatkan kesuburan tanah dan menghilangkan kontaminasi pada produk yang dihasilkan pada dunia pertanian (Jones dan Snyder, 2018). Serangga ini dimasukkan dalam kelompok serangga saprofagus (Price *et al*., 2011). Peran dekomposer tersebut secara kolektif sangat dibutuhkan terutama pada sistem pertanian modern .

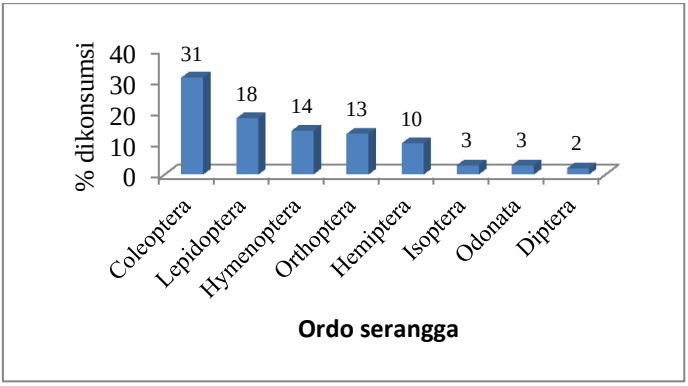
Serangga dekomposer dibagi dalam 3 kelompok yaitu 1) pemakan pada bagian tanaman yang mati, 2). pemakan pada bangkai hewan mati, 3) pemakan pada kotoran dari hewan lain. Pada tanaman yang dimakan oleh dekomposer, lebih banyak daerah terbuka dan akan menyebabkan bagian tanaman tersebut membusuk lebih cepat karena adanya mikroorganisme yang menguraikan tanaman tersebut (Meurant, 2017). Beberapa contoh serangga yang memberikan jasa ekosistem pengaturan adalah kumbang, semut, tungau, tawon, larva lalat dan lain-lain. Peran serangga ini juga membantu percepatan pembentukan lapisan humus di permukaan tanah sehingga sesuai dengan kondisi lingkungan bagi pertumbuhan jamur, mikroorganisme dan bakteri. Selanjutnya akan dihasilkan unsur nitrogen, karbon dan mineral ain yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Beberapa spesies serangga biasanya mempunyai semacam urutan "prosesi fauna" (*faunal procession*) yaitu proses dalam mendekomposisi bangkai atau bagian tanaman yang membusuk. Biasanya spesies lalat adalah yang pertama, diikuti oleh serangga lain seperti kumbang dan seterusnya. Contoh kasus adalah *dung beetle* atau disebut sebagai kumbang kotoran (*Scarabaeus latticolis*) menyukai kotoran sapi yang segar dan tertarik untuk meletakkan telur pada kotoran tersebut. Larva yang menetas pada kotoran tersebut akan segera memakan bahan organik dari kotoran tersebut. Kumbang kotoran *S. laticallis* mempunyai kebiasaan yang sangat unik, yaitu dengan menggulung kotoran menjadi bola, mendorongnya kedalam lubang yang telah disiapkannya, selanjutnya meletakkan telur pada kotoran tersebut, dan terakhir lubang tersebut ditutup

dengan tanah kembali sehingga larva tidak terganggu dari predator (Price *et al*., 2011; Meurant, 2017).

11.4. Layanan Jasa Ekosistem dari *Edible Insects*

Kebutuhan manusia akan pangan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya populasi manusia di dunia ini. Diperkirakan populasi manusia mencapai 9,6 milyar pada tahun 2050 dengan kebutuhan pangan meningkat sampai 60 % (Gerland *et al*., 2014; Alexandratos dan Bruinsma, 2012). Penyediaan pangan harus senantiasa dilakukan untuk menjaga stok pangan mencukupi bagi seluruh penduduk dunia tersebut. Salah satu kebutuhan pangan berupa protein hewani. Kebutuhan ini biasanya dicukupi dari asupan daging merah (daging sapi, kerbau, kambing), daging ayam, maupun ikan (Pasiakos et al, 2015). Pada kenyataannya, pertumbuhan atau peningkatan produksi daging tidak sebanding dengan kebutuhan manusia yang secara jumlah terus meningkat. Oleh karena itu, kebutuhan protein hewani akan dapat dipenuhi dengan mengkonsumsi serangga (*edible insects*).

Edible insects merupakan serangga yang dapat dikonsumsi manusia baik sebagian maupun keseluruhan tubuh serangga. Sampai sekarang ini, diperkirakan jumlah serangga yang dapat dikonsumsi berjumlah 1000-2000 spesies, dengan perincian sebagai berikut : 235 spesies kupu dan ngengat, 344 spesies kumbang, 313 spesies semut, lebah dan tawon, 239 spesies belalang, jangkrik dan kecoak, 39 spesies rayap, dan 20 spesies capung (Ramos-Elorduy, 2009). FAO (2013) melaporkan lebih dari 1900 spesies dapat digunakan sebagai bahan pangan yang potensial. Di Thailand, dilaporkan hampir sekitar 150 spesies serangga layak konsumsi, sebagian besar diambil dari alam (spesies liar) (Yhoung-Aree, 2010). Di Jepang 55 spesies merupakan serangga yang layak dimakan dan bahkan sudah didokumentasikan sejak tahun 1919. Walaupun sekarang jumlah tersebut telah berkurang karena alasan lingkungan dan perubahan sosial, namun tetap ada spesies yang masih dimakan dengan hidangan yang istimema dan mahal. Contoh adalah tawon, yang dipanen baik tawon liar di alam maupun yang dipelihara (Nonaka, 2010). Serangga yang dikonsumsi oleh manusia dapat dikelompokkan dalam ordo berikut (Jongema, 2017) (Gambar 11.4).



Gambar 11.4. Jenis serangga yang dikonsumsi manusia (Jongema, 2017)

Dari Coleoptera yang diambil sebagai pangan adalah kumbang dan larvanya (dikenal dengan nama uret dan lundi), dari Lepidoptera (ulat), dari Hymenoptera (lebah dan semut), dari Orthoptera (jangkrik dan belelang), dari Hemiptera (wereng, kutu daun dan kepik, dari Isoptera (rayap, laron), dari Odonata (capung deawasa) dan dari Diptera (lalat baik dewasa maupun maggotnya). Cara mengkonsumsi serangga pun bervaraisi mulai langsung dimakan (*raw*), digoreng (*fried*) direbus (*boiled*) dan dipanggang (*roasted*) (van-Huis, 2014).

Bagaimana serangga yang tadinya merupakan hama atau herbivora menjadi serangga yang dapat dimakan? Di Thailand, pada waktu terjadi eksplosi belalang *Patanga sccicta*, pemerintah Thailand mengadakan kampanye untuk mengkonsumsi belalang tersebut. Kesuksesan kampanye ditunjang dengan adanya penjelasan ilmiah tentang nutrisi dan khasiat makan belalang tersebut. Ketika masyarakat mau menerima untuk mengkonsumsi belalang tersebut maka berakhirlah masalah hama belalang Patanga di Thailand (Hanboonsong, 2010).

Kandungan nutrisi pada serangga yang dikonsumsi sangat penting untuk diketahui. Hal ini dapat digunakan untuk membandingkan dengan sumber protein hewani lainnya (Tabel 11.2)

Table 11.2. Kandungan protein, lemak dan energi pada beberapa spesies serangga yang layak makan (*edible insects*).

Kandungan	Jenis serangga				
	Kumbang (Rhynchophorus phoenici)	*Ulat hongkong (Tenebrio molitor)*	*Semut (Oecophylla smaragdina)*	*Ulat sutera (Bombyx mori)*	Belalang daun
Protein (% berat kering)	32.86	48.35	53.46	61.8	61.23
Lemak (% berat kering)	36.86	38.51	13.46	8.81	13.41
Energi (kcal/100 g)	478.87	557.12	NA	389.6	426.25

Keterangan : NA:not available (data belum ada)
Sumber : Rumpold & Schltuter (2013)

Bagaimana keadaan '*edible insect* ' di Indonesia? Masyarakat Indonesia di wilayah tertentu telah mengkonsumsi serangga dalam waktu yang lama. Nuraeni dan Anggareni (2020) menagadakan penelitian tentang serangga yang umum dikonsusmi yaitu rayap (*Glypotermes montanus*), enthung jati (*Hyblaea puera*), ulat sagu (*Rhynchoporus ferrugineus*) , belalang (*Conochepalus fasciatus*) dan jangrik (*Grylus biaculatus*). Seperti di kabupaten Gunung Kidul Daerah Istimewa Yigyakarta, diketahui telah mengkonsumsi belalang daun sejak lama. Sekarang, bukan hanya dikonsumsi sendiri, mereka juga mulai menjual dan memasarkan belalang tersebut. Di sepnajnag jalan dari Yogyakarta menuju ibukota kabupaten (Wonosari) dapat ditemukan penjual belalang yang menawarkan belalang dalam berbagai rasa. Belalang goreng merupakan salah satu menu yang biasa ditemukan secara 'fresh from the oven'. Bahkan rasanya pun sudah dapat ditemukan dalam berbagai varian

seperti asam manis, bacem dan rendang. Saat ini dapat ditemukan produk belalang olahan yang dikemas dalam bentuk kaleng (Gambar 11.5).

Gambar 11.5. Olahan belalang dalam berbagai kemasan.
Sumber; https://www.blibli.com/p/sambele-mbokqu-walang-geprek-sambal

11.5. Perubahan Global terhadap Kehidupan Serangga

Banyak penelitian yang dipublikasikan pada akhir-akhir ini yang mengindikasikan kekhawatiran terhadap penurunan jumlah spesies serangga, terutama serangga bersayap yang terbang di daerah subtropis di belahan utara dunia. Penurunan tersebut terjadi terutama disebabkan oleh usaha intensifikasi pertanian, urbanisasi yang masif, penggunaan pestisida yang berlebihan, dan adanya perubahan iklim global. Hal ini menyebabkan tingkat penurunan jumlah spesies yang mempengaruhi secara serius jasa layanan ekosistem dari serangga (Morimoto, 2020).

11.5.a. Betulkah Kepunahan Serangga di Ambang Pintu?

Sebagian peneliti serangga mengkhawatirkan telah terjadi penurunan jumlah spesies serangga serta populasinya, bahkan sebagian juga melaporkan adanya kepunahan beberapa spesies serangga. Sánchez-Bayo dan Wyckhuys (2019) dalam bukunya “Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers” melaporkan bahwa terdapat kecenderungan penurunan populasi

serangga dalam jumlah besar sehingga akan menyebabkan kepunahan. Secara kuantitatif, lebih dari 40% spesies serangga yang terancam punah dalam beberapa dekade ke depan. Berbagai ordo serangga diduga akan mengalami kepunahan lebih cepat diantaranya adalah lepidoptera dan Hymenoptera. Penyebab utama penurunan populasi serangga adalah karena alih fungsi lahan ke pertanian intensif serta urbanisasi. Faktor-faktor penyebab lain adalah penggunaan pestisida dan pupuk sintetis, juga faktor biologis termasuk patogen dan spesies invasif, dan terakhir karena pengaruh perubahan iklim.

Pada tahun 2017, tim peneliti dari Radboud University di Belanda melaporkan bahwa populasi serangga bersayap menurun dalam jumlah yang cukup tinggi selama kurang lebih 3 dekade terakhir. Demikian juga diduga oleh peneliti lain bahwa akan tetap terjadi penurunan populasi sekalipun pada tempat yang tidak dihuni oleh manusia (Hallmann *et al*., 2017). Penelitian ini menekankan pentingnya kehidupan serangga pada ekosistem yang saling berhubungan dan rantai makanan. Serangga merupakan bagian paling dasar dari rnatai makanan yang berarti bahwa sebagian besar populasi hewan didominasi oleh serangga. Salah satu contoh dengan menurunnya populasi serangga mengakibatkan penurunan populasi burung. Bahkan dari hasil penelitian diketahui bahwa serangga dnegan habitat pada tumbuhan telah berkurang hingga menjadi 20 persen.

Beberapa perkebunan besar kelapa sawit mengeluhkan tentang penurunan populasi serangga penyerbuk kumbang *Elaidobius kamerunicus* (Coleoptera:Curculionidae). Kebutuhan hidup kumbang ini sangat tergantung pada bunga jantan kelapa sawit. Pada saat kumbang tersebut berada di bunga jantan terutama pada spikelet, butiran polen yang melekat pada tubuh kumbang akan jatuh pada stigma ketika kumbang mengunjungi bunga betina untuk mengambil nektar. Keberadaan kumbang penyerbuk tersebut di perkebunan sawit mampu meningkatkan keuntungan berupa produksi minyak dan nilai fruit set. Nilai fruitset sangat dipengaruhi oleh keberadaan populasi kumbang penyerbuk tersebut (Anonim, 2015). Populasi kumbang yang rendah mengakibatkan rendahnya kesuksesan proses penyerbukan pada buanga kelapa sawit, yang akan menyebabkan terjadinya sedikit buah sawit. Akibatnya banyak buah kosong dan menjadikan rendahnya berat tandan sawit. Hal ini berimbas pada berat dan kualitas minyak yang dihasilkan. Telah disadari bahwa semakin menurunnya populasi kumbang penyerbuk tersebut

antara lain disebabkan oleh penggunaan insektisida secara terus menerus dalam waktu yang lama, yang menyebabkan terbunuhnya serangga penyerbuk tersebut. Selain itu, tidak adanya tempat berlindung sementara (tanaman refugia) bagi serangga tersebut ketika tanaman kelapa sawit belum menghasilkan bunga. Kumbang *E. kamerunicus* memerlukan pakan dari tanaman lain sebelum menemukan bunga kelapa sawit sebagai sumber pakan sekaligus sebagai tempat memberikan jasa pelayanan ekosistem berupa penyerbukan (Dislich *et al*., 2016). Gambar kumbang penyerbuk *E. kamerunicus* ditampilkan pada Gambar 11.6.

Sumber: Lumentut dan Hosang (2016)
Gambar 11.6. Kumbang penyerbuk *Elaidobius kamerunicus*
Keterangan : a.Kumbang betina; b. Kumbang jantan

11.5.b. Perubahan Global

Perubahan iklim secara global telah terjadi secara nyata pada beberapa dekade ini. Meningkatnya suhu udara sebagai akibat peningkatan gas rumah kaca, ketidak sesuaian musim hujan dan musim kemarau, curah hujan yang tinggi, mencairnya salju abadi di kutub utara dan naiknya permukaan air laut merupakan gejala dari perubahan iklim secara global. Perubahan global ini akan menyebabkan terjadinya perubahan ekosistem pada berbagai tingkatan. Perubahan iklim memberikan pengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan serangga. Perubahan iklim yang sangat drastis akan menyebabkan terjadinya perubahan bio-ekologi serangga. Sebagai contoh siklus hidup ulat grayak *S. litura* di daerah tropis lebih pendek bila dibandingkan dengan ulat grayak yang hidup didaerah sub tropis. Bila siklus hidup pendek, maka ulat grayak tersebut akan mempunyai lebih banyak generasi setiap tahunnya. Dampak perubahan iklim secara tidak langsung,

berupa tidak tersedianya tanaman sebagai pakan serangga hama. Dengan demikian, adanya perubahan iklim secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi kehidupan serangga hama, sehingga peranannya dalam suatu tingkat trofik akan berbeda. Seringkali akibat perubahan iklim terjadi ledakan populasi serangga hama tertentu, atau terjadinya kepunahan suatu serangga hama. Dengan demikian, bila terjadi kepunahan serangga maka jasa ekosistem dari serangga juga akan hilang.

11.5.c. Solusi dari Permasalahan Kepunahan Serangga

Kepunahan serangga telah menjadi pemikiran para ahli entomologi di seluruh dunia. Mereka menyatakan apabila serangga punah dari muka bumi, akan menyebabkan bencana kekurangan pangan bagi manusia. Layanan jasa ekosistem dari serangga sebagai polinator, menyumbang peranan terbesar dalam proses penyerbukan sampai menghasilkan buah atau hasil prodksi tanaman. Bahkan Hallman *et al*. (2017) melaporkan bahwa dalam 27 tahun terakhir terjadi penurunan populasi lebih dari dari 75 % serangga aktif terbang. Oleh karena itu, para ahli entomologi mengusulkan beberapa cara untuk mengatasi permasalahan kepunahan serangga.

Widhiono (2015) dalam bukunya “Teknik Konservasi Serangga Polinator” menyebutkan bahwa serangga polinator harus diberikan ruang yang sesuai dengan kebutuhan hidupnya. Penanaman tanaman berbunga dengan teknik konservasi akan menyediakan tempat hidup dan sumber pakan yang berlimpah bagi serangga polinator. Penggunaan pestisida kimia hendaknya harus betul-betul memenuhi aturan yang telah ditetapkan dengan menggunakan 3 T yaitu tepat sasaran, tepat dosis, tepat waktu.

Daftar Pustaka

Alexandratos, N.; Bruinsma, J.. 2012.World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision; ESA Working Paper No. 12-03; FAO: Rome, Italy, 2012.

Anonim. 2015a. The Williamstown Study of Critical Environmental Problems. Bulletin of the Atomic Scientists Volume 26, 1970 - Issue 8. Pages 24-30 | Published online: 15 Sep 2015 https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00963402.1970.11457855 diakses 20 Maret 2021

Anonim. 2015. Peran *Elaeidobius kamerunicus* Sebagai Polinator Di

Pertanaman Kelapa Sawit. https://balitka.litbang.pertanian.go.id/peran-elaeidobius-kamerunicus-sebagai-polinator-dipertanaman-kelapa-sawit. Diakses tanggal 28 Maret 2021

Badan Pusat Statistik (BPS). 2020. Statistik Indonesia 2020. https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html. diakses 15 Maret 2021

Bardgett, R.D. & van der Putten, W.H. (2014) Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature. 515 (7528), pp. 505– 511.

Buchori, D. 2014. Pengendalian Hayati Dan Konservasi Serangga Untuk Pembangunan Indonesia Hijau. Orasi Guru Besar. Institut Pertanian Bogor, 20 September 2014.

Cardinale, B.J., J. E.Duffy , A. Gonzalez. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity doi:10.1038/nature11148, Vol 486 : 59-67.

Castañé, C., Arnó, J., Gabarra, R., and Alomar, O. (2011). Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. Biol. Control 59, 22–29. doi: 10.1016/j.biocontrol.2011.03.007.

Dislich C., A.S.C. Keyel, J. Salecker, K. Wiegand. (2016). A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. Biological Reviews 1(3):1-31 DOI: 10.1111/brv.12295.

Djohan, T.S., P.M. Laksono, E. Anantasari, A. N. Utama, dan K. Suhesthiningsih. 2015. Kondisi Hutan Bakau Tebangan Masyarakat dan Industri Pulp di Batu Ampar Kalimantan Barat. Kawistara. 5 (2): 99-220.

Ehrlich, P.R. and A. Ehrlich. (1981). Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species. Random House, New York. 305pp.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome Italy.

Gerland, P.; Raftery, A.E.; Ševˇcíková, H.; Li, N.; Gu, D.; Spoorenberg, T.; Alkema, L.; Fosdick, B.K.; Chunn, J.; Lalic, N.; et al. World population stabilization unlikely this century. Science (2014), 346, 234–237. [CrossRef] [PubMed].

Goutam R C, Upasana D, Sufia Z, Abhijit M. (2017). Ecosystem Services of Insects. Biomed J Sci & Tech Res 1(2)-2017.

Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE 12(10): e0185809. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809

Hanboonsong Y. (2010). Edible insects and associated food habits in Thailand. In: Forest Insects as Food: Humans Bite Back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, 19–21 February 2008, Chiang Mai, Thailand. RAP Publication 2010/02, (PB Durst, DV Johnson, RN Leslie et al. eds), pp. 173–82. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Bangkok, Thailand.

Hines, J. Wim H. van der Putten, Gerlinde B. De Deyn, Cameron Wagg, Winfried Voigt, Christian Mulder, Wolfgang W. Weisser, Jan Engel, Carlos Melian, Stefan Scheu, Klaus Birkhofer, Anne Ebeling, Christoph Scherber and Nico Eisenhauer. (2015). Towards an Integration of Biodiversity–Ecosystem Functioning and Food Web Theory to Evaluate Relationships between Multiple Ecosystem Services. In: Guy Woodward and David A. Bohan, editors, Advances in Ecological Research, Vol. 53, Oxford: Academic Press, 2015, pp. 161-199. ISBN: 978-0-12-803885-7.

Hodek, I., van Emden, H. F., and Honek, A. (2012). ˇ Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). Chichester: Blackwell Publishing Ltd.

Jones, M.S. and W.E.Snyder. (2018). Beneficial Insects in Agriculture: Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services. Book Chapter Insect Biodiversity: Science and Society. Book Author(s): Robert G Foottit

Peter H. Adler. First published: 23 May 2018. https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch5

Jongema Y. (2017) List of edible insects of the world (April 1, 2017) – WUR. Available at: www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chairgroups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/. Worldwide-species-list.htm (accessed 1 September 2017).

Kenis, M.; Hurley, B.P.; Colombari, F.; Lawson, S.; Sun, J.; Wilcken, C.; Weeks, R. and Sathyapala, S. (2019). Guide to the classical biological control of insect pests in planted and natural forests, FAO Forestry Paper No. 182. Rome, FAO. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Kidoro, M.L, and Higashi, S. (2010). Flower Constancy in Generalist Pollinator *Ceratina flaviceps* (Hymenoptera : Apidae) an evaluation by Pollen Analysis. Psyche. Vol 10.

Looy, H.; Dunkel, F.V.; Wood, J.R. (2014). How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. Agric. Hum. Values 2014, 31, 131–141.

Lumentut, N. Dan M.L.A. Hosang. (2016). The Demographic of *Elaeidobius kamerunicus* Faust Beetle (Coleoptera: Curculionidae) as Insect Pollinators on Oil Palm. Plant Buletin Palma Volume 17 No. 1, Juni 2016: 89 - 95

Maguire, D.Y., P.M.A. James , C. M. Buddlea , E.M. Bennett. (2015). Landscape connectivity and insect herbivory: A framework for understanding tradeoffs among ecosystem services Global Ecology and Conservation 4 (2015) 73–84

Mata L., CaraghG.Threlfall, Nicholas S.G.Williams, Amy K. Hahs, Mallik Malipatil, Nigel E. Sto. (2017). Conserving herbivorous and predatory insects in urban green spaces. Scientific Reports | 7:40970 | DOI: 10.1038/srep40970

Meurant, G. (2017). Insect-Fungus Interactions. 14th ed. [ebook] London: The Royal Entomological Society of Society of London, pp.1-275.Availableat: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=DwO5_3N7sSAC&oi=fnd&pg=PP1&dq=insect+ecology&ots=10YwZMDVuB&sig=GMU5RH-oJbHOI-Je26-3whhnmV8#v=onepage&q=insect%20ecology&f=false

Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington. 155pp.

Morimoto, J. (2020). Addressing global challenges with unconventional insect ecosystem services: Why should humanity care about insect larvae?. People and Nature. 2020;2:582–595. https://doi.org/10.1002/pan3.10115.

Nayik, G.A. dan Nanda, V. (2015). Physico-chemical, enzymatic, mineral and colour characterization of three different varieties of honey from khasmir valley of India with a multivariate approach. Polish Journal of Food and Nutritions Sciences 65(2): 101–108.

Nonaka K. (2010). Cultural and commercial roles of edible wasps in Japan. In: Forest Insects as Food: Humans Bite Back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, 19–21 February 2008, Chiang Mai, Thailand. RAP Publication 2010/02, (PB Durst, DV Johnson, RN Leslie et al. eds), p. 123. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Bangkok, Thailand.

Noriega,J.A.,J.Hortal, F.M. Azcárate, A.M.C. Santos. (2017). Research trends in ecosystem services provided by insects. Basic and Applied Ecology 26. DOI: 10.1016/j.baae.2017.09.006.

Nuraeni, Y. dan I. Anggraeni. (2020). The potensials of forest as alternative food. Jurnal Galam. Vol. 1 (1): 49-69.

Pappas ML, Broufas GD, Pozzebon A, Duso C and Wäckers F (2019) Editorial: Ecosystem Services and Disservices Provided by Plant-Feeding Predatory Arthropods. Front. Ecol. Evol. 7:425. doi: 10.3389/fevo.2019.00425.

Pasiakos, S.M., S. Agarwal, H.R. Lieberman and V. L. Fulgoni. (2015). Sources and Amounts of Animal, Dairy, and Plant Protein Intake of US Adults in 2007–2010. Nutrients 2015, (7): 7058-7069; doi:10.3390/nu7085322.

Parker A.J., Jennifer L. D. , J.D. Thomson. (2015). Pollen packing affects the function of pollen on corbiculate bees but not non-corbiculate bees. Arthropod-Plant Interactions 9(2):197-203. DOI: 10.1007/s11829-015-9358-z.

Payne, C.L.R, and J.V. Itterbeeck. (2017). Ecosystem Services from Edible Insects in Agricultural Systems: A Review. Insects. 2017 Mar; 8(1): 24- doi: 10.3390/insects8010024.

Potschin, M.; Haines-Young, R. (2016). Defining and measuring ecosystem services. In Routledge Handbook of Ecosystem Services; Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R., Turner, R.K., Eds.; Routledge: London, UK; New York, NY, USA, 2016; pp. 25–44.

Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution 25:345-353.

Price, P., Denno, R., Eubanks, M., Finke, D. and Kaplan, I. (2011). Insect Ecology: Behavior, Populations and Communities. Cambridge University Press, pp.1-639. Available at: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=3FNuALVdArYC&oi=fnd&pg=PR5&dq=insect+ecology&ots=_KoRC7hhcF&sig=hJPeAOFmchr7Znqv5WkIPj5kGak#v=onepage&q&f=false

Rahardi W. dan RM Suhardi. (2016). Keanekaragaman Hayati Dan Jasa Ekosistem Mangrove Di Indonesia. Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education), Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Ahmad Dahlan, 27 Agustus 2016 p-ISSN: 2540-752x e-ISSN: 2528-5726 499].

Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthropo-Entomophagy: Cultures, Evolution And Sustainability". Entomological Research. **39** (5): 271–288. doi:10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x. S2CID 84739253.

Rumpold BA & Schluter OK (2013) Nutritional composition and € safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition and Food Research 57: 802–23.

Sánchez-Bayo dan. Wyckhuys (2019). “Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers” Biological Conservation 232 (2019) 8–279.

Savitri, NPT., E.D.Hastuti dan S.W. A. Suedy. (2017). Kualitas Madu Lokal dari Beberapa Wilayah di Kabupaten Temanggung. Buletin Anatomi dan Fisiologi Volume 2 Nomor 1, hal. 58-66.

Scaven, F. L. 1 and Rafferty, N. E. (2013). Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions. Curr Zool. ; 59(3): 418–426.

Schowaltera T. D. , J. A. Noriegab , T. Tscharntkec. (2017). Insect effects on ecosystem services – Introduction . Basic and Applied Ecology 26(6): 1-31. DOI: 10.1016/j.baae.2017.09.011.

van- Huis, A. (2014). Edible insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Rome. ISBN 9789251075968. OCLC 868923724

Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F. & van der Heijden, M.G. (2014) Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 111 (14), pp. 5266–5270

Widhiono, I. (2015). Strategi Konservasi Serangga polinator. Penerbit Universitas Jendral Soedirman Purwokerto. 86 hal.

Yhoung-Aree, J., (2010). Edible insects in Thailand: nutritional values and health concerns. In: Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. and Shono, K. (eds.) Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand. RAP Publication 2010/02. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, pp. 201-216

Yuniarti E., R. Soekmadi, H.S.Susilo Arifin , B.P. Noorachmat. (2018). Analysis of Ecotourism Potential of Heart of Borneo in Betung Kerihun and Danau Sentarum National Parks, Kapuas Hulu District. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Vol. 8 No. 1 (April 2018): 44-54.

Glosarium

Agroekosistem artinya lingkungan binaan manusia untuk mendapatkan produk pangan.

Aliran energi merupakan rangkaian urutan berpindahnya energi dari satu tingkatan trofik ke tingkat trofik di atasnya.

Aposematis adalah strategi adaptasi serangga dengan memanfaatkan warna peringatan (*warning coloration*), biasanya melibatkan warna cerah atau mencolok, berguna untuk memberikan peringatan bahwa serangga yang memiliki strategi adaptasi ini beracun atau tidak layak dimangsa.

Autekologi adalah mempelajari hubungan individu-individu dalam satu spesies serangga dengan lingkungan sekitarnya

Autotomi adalah strategi adaptasi serangga dimana serangga akan memutuskan bagian tubuhnya untuk melindungi diri.

Autotrof merupakan organisme yang memproduksi makanan sendiri dari sinar matahari dan air dan oksigen.

Bias adalah distorsi dimana informasi yang diperoleh tidak representatif terhadap situasi yang sebenarnya.

Biodiversity adalah keanekaragaman spesies dalam suatu habitat dan hidup didalam suatu ekosistem tertentu.

Bioinsektisida adalah mikroba yang dipakai untuk pengendalian hayati serangga herbivora yang menyerang tanaman atau tumbuhan.

Chemoreseptor adalah lubang di antena serangga yang berfungsi merespon sinyal kimia yang ada di luar tubuh serangga

Cypsis adalah strategi adaptasi yang mencegah serangga untuk dideteksi atau ditemukan, biasanya berupa pola warna yang memungkinkan serangga menyerupai lingkungannya.

Dekomposer adalah Serangga yang berperan menguraikan sampah atau bangkai serangga menjadi bahan organik.

Diapause adalah mekanisme pada serangga untuk menghindarkan diri dari keadaan buruk untuk bisa bertahan hidup.

Dominansi spesies adalah suatu keadaan satu spesies memiliki jumlah individu yang paling besar diantara spesies lainnya

Ecosystem service adalah manfaat yang diberikan ekosistem bagi kepentingan dan keberlanjutan hidup manusia.

Edible insect adalah serangga yang dapat dikonsumsi oleh manusia

Ekologi adalah ilmu yang mempelajari tentang ekosistem

Ekosistem adalah suatu sistem yang terjadi karena adanya interaksi antara faktor biotik dan abiotik (lingkungan) secara timbal balik.

Ekstrapolasi adalah perluasan data di luar data yang tersedia namun tetap mengikuti pola kecenderungan data yang tersedia itu.

Eurythermal adalah serangga yang mampu hidup dengan kisaran suhu luas.

Evolusi spesies adalah proses yang menyebabkan perubahan pada sifat-sifat terwariskan suatu populasi spesies dari waktu ke waktu berikutnya atau dari satu generasi ke generasi berikutnya.

Fitofag adalah organisme yang memakan tumbuhan.

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk mengetahui koordinat suatu lokasi.

Guild adalah sekumpulan spesies-spesies yang mengeksploitasi sumberdaya yang sama dengan cara yang sama membentuk suatu kelompok fungsional.

Habitat adalah tempat mahluk hidup menetap dan berkembangbiak.

Hama adalah organisme yang menyebabkan kerusakan dan kerugian secara ekonomi pada tanaman yang dibudidayakan.

Herbivora adalah organisme yang memakan tumbuhan.

Hibernasi adalah serangga yang mengalami proses siklus hidup yang panjang karena suhu yang rendah, serangga masih hidup akan tetapi tidak aktif.

Hutan lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi dalam penyangga dan pelindung kehidupan.

Hutan primer adalah kawasan hutan yang umumnya belum dieksploitasi oleh manusia atau belum dibuka untuk lahan dudidaya tanaman.

Instar adalah perubahan bentuk pada suatu individu serangga.

Interaksi antarspesies adalah interaksi yang terjadi antara spesies serangga dengan serangga lain pada ekosistem.

Interaksi interspesies adalah interaksi yang terjadi antara individu yang sejenis.

Jaring makanan adalah kumpulan rantai makanan yang saling tumpang tindih dalam ekosistem.

Jasa budaya (*cultural service*) adalah jasa ekosistem yang memberikan manfaat berupa kebahagiaan, rekreasi, pendidikan atau hal yang bersifat non-materi.

Jasa pendukung (*supporting service*) adalah jasa ekosistem yang diberikan serangga dalam mendukung proses didalam ekosistem.

Jasa pengatur (*regulating service*) adalah jasa ekosistem yang diberikan serangga dalam mengatur sistem di dalam ekosistem.

Jasa penyedia (*provisioning service*) adalah jasa ekoisistem yang diberikan serangga sebagai penyedia energi bagi organisme lain dalam ekosistem.

Kamuflase adalah perilaku menyembunyikan/menyamarkan diri serangga agar mirip dengan tempat tinggalnya.

Keanekaragaman spesies adalah kumpulan beberapa spesies dengan jumlah individu yang tersebar dari suatu spesies.

Kemerataan spesies adalah keseimbangan distribusi individu antar jenis organisme yang seimbang.

Keperidian (natalitas) serangga adalah kemampuan serangga dalam memproduksi telur atau melahirkan.

Kompetisi interspesifik artinya kompetisi antar individu terjadi dalam populasi yang berbeda atau berbeda spesies.

Kompetisi intraspesifik adalah kompetisi antar individu terjadi dalam populasi yang sama atau sama spesies.

Komunitas adalah kumpulan beberapa spesies yang hidup bersama pada tempat dan waktu yang sama.

Konsumen merupakan organisme yang memakan autotrof atau produsen.

Life table serangga adalah neraca kehidupan serangga

Masquarade adalah strategi adaptasi berupa penyamaran, dimana serangga menyerupai suatu object yang tidak menarik seperti daun atau ranting.

Mekanoreseptor adalah bulu-bulu di antena, mandibel dan tungkai yang berfungsi merespon sinyal pergerakan angin di luar tubuh serangga

Migrasi adalah pindahnya individu atau spesies serangga keluar populasi karena faktor abiotic dan biotik.

Mimikri adalah strategi adaptasi serangga dengan menyamarkan dirinya agar sesuai dengan lingkungaannya untuk mengelabui mangsa atau predatornya.

Mimikri Batesian adalah adaptasi mimikri dimana hubungan organisme berbahaya (model) ditiru oleh organisme yang tidak berbahaya (mimik) sehingga organisme yang meniru (mimik) mendapat perlindungan karena predator salah mengira mimik sebagai model.

Mimikri Mullerian adalah adaptasi mimikri dimana kedua serangga yang mirip satu sama lainnya sama-sama merupakan sepesies mangsa yang tidak enak dan tidak menarik perhatian untuk dimakan

Mortalitas adalah tingkat kematian serangga akibat faktor biotik atau abiotik.

Natalitas adalah tingkat kelahiran atau munculnya individu baru pada populasi

Pakan buatan holidik adalah pakan buatan yang komponen pembuatnya berasal dari formula bahan kimia yang telah terdefinisi secara kimiawi.

Parasitisme adalah interaksi antar dua serangga atau arthropoda dimana satu untung dan yang lain dirugikan.

Parasitoid adalah serangga yang memarasit serangga yang hidup di dalam atau di luar tubuh inang pada fase pra dewasa, sedangkan imago aktif terbang.

Partenogenesis adalah kemampuan menghasilkan individu baru tanpa melalui perkawinan.

Perubahan global adalah perubahan alam yang dialami oleh organisme pada waktu tertentu dan wilayah yang luas (dunia)

Populasi adalah kumpulan individu sejenis yang menempati habitat yang sama pada waktu yang sama.

Predatisme adalah serangga atau arthropoda yang membunuh dan memangsa serangga lain.

Predator adalah hewan yang hidup bebas dengan memakan, membunuh, atau memanggsa hewan lain.

Refugia adalah tumbuh-tumbuhan atau tanaman sebagai tempat hidup musuh predator atau parasitoid.

Reklamasi adalah kegiatan yang bertujuan meningkatkan sumberdaya suatu lahan

Relung adalah merupakan peran atau pekerjaan suatu spesies dalam suatu habitat.

Resistensi adalah faktor yang ada di dalam tubuh tanaman atau serangga untuk bertahan hidup.

Ritme aktif adalah jam biologis dalam melakukan aktifitas (makan ataupun reproduksi)

Sampel adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi

Serangga dekomposer adalah serangga yang berperan dalam merombak material organik tanah, sehingga proses dekomposisi tanah dapat berlangsung dengan cepat.

Serangga herbivora adalah kelompok serangga yang memakan tumbuhan untuk memenuhi nutrisinya.

Serangga karnivora adalah serangga yang memakan makluk hidup lainnya sebagai sumber nutrisi.

Serangga monofag adalah serangga yang hanya memiliki hanya satu spesies

inang sebagai sumber makanannya.

Serangga oligofag adalah kelompok serangga yang memanfaatkan dan memakan tanaman berbeda-beda genus namun masih satu famili.

Serangga polifag adalah kelompok serangga yang memiliki kisaran inang yang luas, kisaran inangnya tumbuhan-tumbuhan dengan beda famili.

Siklus biogeokimia merupakan siklus senyawa kimia dari ekosistem, lalu masuk ke tubuh mahluk hidup pada rantai makanan, dan makluk hidup yang mati mengembalikan senyawa kimia tadi kembali ke ekosistem.

Sinekologi adalah mempelajari hubungan sekelompok spesies organisme (komunitas) dengan lingkungan sekitarnya.

Spesies adalah kelompok individu atau populasi yang dapat melakukan kopulasi antar mereka (*interbreeding*) dan mampu menghasilkan keturunan fertil.

Stadia adalah waktu yang dibutuhkan oleh serangga untuk berubah bentuk

Stenothermal adalah serangga yang hidup dengan kisaran suhu sempit.

Suksesi ekologi adalah perubahan secara serentak antara faktor biotik dan abiotik di suatu ekosistem.

Thanatosis adalah strategi adaptasi serangga dimana mangsa tampak berpura-pura mati saat diserang oleh predator sehingga predator tidak tertarik lagi untuk mengkonsumsi mangsa.

Trofik adalah urutan makhluk hidup dalam rantai makanan untuk memperoleh energi.

Biodata Penulis

Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si. adalah alumnus Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya (1989). Tahun 1995 penulis menyelesaikan Magister Sains Bidang Entomologi di IPB Bogor berpredikat cum laude. Pada awal tahun 2000 di usia 34 tahun, wanita berdara Sekayu kelahiran 20 Oktober 1965 di Palembang ini berhasil meraih gelar Doktor Bidang Entomologi di IPB Bogor dengan predikat cum laude juga. Sejak 1990 hingga sekarang penulis berprofesi sebagai dosen tetap (PNS) di Universitas Sriwijaya. Dari tahun 2004-sekarang penulis sebagai Kepala Laboratorium Entomologi FP Unsri. Pada Usia 41 tahun, penulis berhasil meraih jenjang fungsional tertinggi sebagai Guru Besar Entomologi: Pengendalian Hayati. Tahun 2007, terpilih sebagai dosen berprestasi tingkat nasional. Penulis pernah meraih the best full paper award pada *International Seminar of Indonesian Society for Microbiology, October* 2010. Tahun 2008 dan 2012 penulis mendapat penghargaan dari Dirjen, Dikti sebagai peneliti penyaji makalah terbaik Hibah Bersaing. Tahun 2010, penulis dinobatkan sebagai peneliti terbaik Universitas Sriwijaya. Tahun 2007 dan 2016 penulis terpilih sebagai dosen berprestasi Universitas Sriwijaya. Penulis mendapatkan perhargaan dari DRPM, Kemenristekdikti sebagai penyaji terbaik skema Ipteks bagi Masyarakat (IbM) tahun 2015. Tahun 2019, penulis terpilih sebagai penyaji terbaik pada seminar nasional hasil penelitian yang diselenggarakan oleh DRPM, Kemenristekdikti.

Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S. lahir di Yogyakarta, 18 Mei 1962. Ia menyelesaikan S1 bidang Ilmu Hama Tumbuhan (1986), S2 dibidang Entomologi (1994) di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, dan S3 di bidang Applied Bioscience (2000) di Hokkaido University Jepang. Sejak tahun 1987, dia memulai karirnya sebagai dosen Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya sampai sekarang. Selain menulis puluhan artikel ilmiah tentang serangga hama, dia juga menekuni pengendalian hama secara hayati 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 Sriiwijaya (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 (Belitang 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 Belitang. 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.

Arsi, SP, M.Si, Lahir di Jungkal, 17 Oktober 1985 Kecamatan Pampangan . Lulus dari Pendidikan S-1 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan tahun 2008, S-2 Ilmu Tanaman Bidang Kajian Umum Proteksi Tanaman Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan tahun 2014. Penulis Sebagai Tenaga Pengajar S-1 Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya Sumatera Selatan dari tahun 2015 sampai sekarang.

Erise Anggraini, S.P., M.Si. Lahir di Palembang Sumatera Selatan pada tanggal 23 Februari 1989. Lulus dari pendidikan S-1 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan di Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan Tahun 2009, S-2 Universitas Sriwijaya Jurusan Proteksi Tanaman Tahun 2011, saat ini penulis menempuh pendidikan tugas belajar Program Doktor pada Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universiti Putra Malaysia (UPM) di Selangor Malaysia sejak tahun 2019 melalui Beasiswa SEAMEO-SEARCA. Penulis bekerja sebagai Dosen di Program Studi Agroekoteknologi dan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya sejak Desember 2012. Penulis merupakan anggota Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI).

Dr. Tili Karenina, SP., M.Si. dilahirkan di Kota Palembang Sumsel. Penulis dilahirkan di Kota Palembang pada tanggal 29 Agustus 1985. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Perrtanian di Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan Tahun 2007. Penulis menyelesaikan pendidikan S-2 pada Jurusan Perlindungan Tanaman Universitas Sriwijaya Tahun 2010. Penulis menyelesaikan pendidikan S-3 pada Program Studi Doktor Ilmu Pertanian di Universitas Sriwijaya. Penulis merupakan peneliti di Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Sumatera Selatan dari tahun 2017 sampai sekarang.

Lina Budiarti, S.P., M.Si. dilahirkan di Pahang Asri, 3 Juli 1990. Alumnus Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Menyelesaikan studi S1 di jurusan Hama dan Penyakit Tanaman pada tahun 2012. Pada tahun 2015 menyelesaikan Magister Sains di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang. Saat ini menjadi dosen tetap di Program Studi Tanaman Pangan, Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Lampung sejak 2019 hingga sekarang.

Lilian Rizkie, S.P., M.Si. lahir di Palembang pada tanggal 28 desember 1994. Lilian adalah alumnus Program Strata-1 Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya tahun 2015. Pada bulan april 2017, lilian menyelesaikan Magister Sains Bidang Proteksi Tanaman di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dengan predikat cumlaude dan menjadi lulusan tercepat dan terbaik fakultas pertanian. Lilian memulai karirnya sebagai dosen pada agustus 2017 dengan mengajar di program Studi Biologi Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Fatah Palembang. Sejak Maret 2018 hingga sekarang lilian berprofesi sebagai dosen tetap di Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.

Dian Maharani Octavia, S.P. lahir di Baturaja, pada tanggal 12 Oktober 1998. Sekarang tercatat sebagai mahasiswa pascasarjana prodi Entomologi peminatan Pengendalian Hama Terpadu pada Institut Pertanian Bogor. Merupakan salah satu *awardee Asean International Moblity Students* pada tahun ajaran 2018/2019 selama satu semester di Universiti Putra Malaysia. Penulis telah menyelesaikan program sarjana di program studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya pada tahun 2020 dan memperoleh gelar Sarjana Pertanian.

Pengantar Ekologi Serangga

UNSRI PRESS
Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

ISBN 978-979-587-956-5
9 789795 879565