

EKOLOGI SERANGGA



Penulis :

**Sunarno Sastroatmodjo, Sutiharni, Randi Syafutra,
Sutiharni, Araz Meilin, Sri Wahyuni, Eko Apriliyanto,
Mirnawati Dewi, I Wayan Suanda, Jernita Sinaga,
Sulistia Ningsih**

EKOLOGI SERANGGA

Sunarno Sastroatmodjo

Sutiharni

Randi Syafutra

Sutiharni

Araz Meilin

Sri Wahyuni

Eko Apriliyanto

Mirnawati Dewi

I Wayan Suanda

Jernita Sinaga

Sulistia Ningsih



GET PRESS INDONESIA

EKOLOGI SERANGGA

Penulis :

Sunarno Sastroatmodjo
Sutiharni
Randi Syafutra
Sutiharni
Araz Meilin
Sri Wahyuni
Eko Apriliyanto
Mirnawati Dewi
I Wayan Suanda
Jernita Sinaga
Sulistia Ningsih

ISBN :978- 623-1 98-73 6-5

Editor : Ariyanto., M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni,S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Oktober 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Ekologi Serangga ini.

Buku ini membahas Pengantar ekologi serangga, Kehidupan serangga peranannya di bidang pertanian, Individu, organisme, populasi komunitas dan lingkungannya, Ekosistem Serangga, Peranan faktor makanan dalam kehidupan serangga, Konsep tanggap fungsional dan nomerik parasitoid dan predator terhadap inangnya/mangsanya, Pertumbuhan populasi serangga, Pola Persebaran dan Pemencaran, Hubungan Ekologi serangga dengan sistem pengendalian hama terpadu pertanian berkelanjutan, Anatomi serangga, Perkembangan dan metamorfosis serangga.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Definisi dan Posisi Ekologi	1
1.1.1 Lapisan vertikal.....	1
1.1.2 Keratan taksonomi atau sistematika	1
1.2 Klasifikasi Ekologi.....	2
1.2.1 Penggolongan Menurut Tingkat Organisasi Makhluk Hidup.....	2
1.2.2 Penggolongan Menurut Habitat	3
1.2.3 Penggolongan menurut taksonomi,.....	3
1.2.4 Penggolongan Menurut Bidang Kajian.....	4
1.3 Serangga/Insekta dan Ekologi Serangga/Insekta.....	4
1.4 Populasi dan Komunitas	4
1.4.1 Populasi.....	4
1.4.2 Komunitas	5
1.4.3 Pola komunitas.....	6
1.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Insekta..	7
1.5.1 Faktor internal.....	7
1.5.2 Faktor eksternal	8
1.5.3 Faktor Makanan.....	13
1.6 Dampak dan Peran Insekta dalam Kehidupan Manusia..	14
1.6.1 Dampak di Bidang Pertanian.....	14
1.6.2 Peran di Bidang Peternakan dan Perikanan	17
1.6.3 Peran di Bidang Industri	17
DAFTAR PUSTAKA	19

BAB 2 KEHIDUPAN SERANGGA DAN PERANANNYA	
DALAM BIDANG PERTANIAN	21
2.1 Keanekaragaman Serangga dalam Lingkup	
Kehidupan Tanaman Pertanian.....	21
2.2 Peran Serangga dalam Kehidupan Manusia dan	
Bidang Pertanian	30
2.2.1 Serangga berguna	32
2.2.2 Serangga Merugikan	35
DAFTAR PUSTAKA.....	39
BAB 3 SERANGGA DAN PERUBAHAN IKLIM.....	43
3.1 Pendahuluan	43
3.2 Peningkatan Suhu	43
3.3 Peningkatan Konsentrasi CO ₂ Atmosfer.....	45
3.4 Perubahan Pola Curah Hujan	47
3.5 Pengelolaan Hama Serangga di Era Perubahan Iklim....	48
3.6 Penutup	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
BAB 4 EKOSISTIM SERANGGA	53
4.1 Pengertian dan Definisi Ekosistem dalam Ilmu Ekologi .	53
4.2 Komponen dan Struktur Ekosistem	54
4.3 Proses Ekosistem dalam Lingkup Ilmu Pertanian	
dan Ilmu Hama Tanaman	56
4.3 Interaksi Tanaman dan Serangga Hama	64
DAFTAR PUSTAKA.....	68
BAB 5 PERANAN FAKTOR MAKANAN DALAM	
KEHIDUPAN SERANGGA	71
5.1 Pendahuluan	71
5.2 Jenis-jenis Makanan Serangga	73
5.2.1 Bahan Tumbuhan.....	73
5.2.2 Bahan Hewani.....	74
5.2.3 Sumber Makanan Unik.....	75
5.3 Kebutuhan Nutrisi Untuk Kehidupan Serangga	76
5.3.1 Pertumbuhan Serangga.....	77

5.3.2 Perkembangan Metamorfosis Serangga	80
5.3.3 Reproduksi Serangga.....	82
5.4 Penutup	85
DAFTAR PUSTAKA	86
BAB 6 KONSEP TANGGAP FUNGSIONAL DAN NUMERIK PARASITOID DAN PREDATOR TERHADAP INANGNYA/MANGSANYA	89
6.1 Pendahuluan.....	89
6.2 Tanggap Fungsional Parasitoid dan Predator	90
6.3 Tanggap Numerik Parasitoid dan Predator	95
DAFTAR PUSTAKA	97
BAB 7 PERTUMBUHAN POPULASI SERANGGA.....	101
7.1 Pendahuluan.....	101
7.2 Pertumbuhan Populasi Serangga.....	101
7.2.1 Populasi Serangga Hama.....	102
7.2.2 Populasi Serangga Musuh Alami.....	105
DAFTAR PUSTAKA	110
BAB 8 POLA PERSEBARAN DAN PEMENCARAN SERANGGA	113
8.1 Pendahuluan.....	113
8.1.1 Istilah yang digunakan untuk menggambarkan pergerakan Serangga.....	113
8.1.2 Mengapa Serangga Menyebar	115
8.1.3 Mengapa mempelajari penyebaran serangga?	115
8.1.4 Ciri-ciri penyebaran Serangga	116
8.2 Mekanisme Penyebaran Serangga.....	117
8.3 Pemantauan dan Penyebaran Serangga.....	120
8.4 Respon Serangga Terhadap Aktivitas Manusia.....	122
8.5 Pola Penyebaran Biologis	122
8.6 Perluasan Jangkauan dan Penyebaran Serangga	124
DAFTAR PUSTAKA	127

BAB 9 HUBUNGAN EKOLOGI SERANGGA DENGAN SISTEM PENGENDALIAN HAMA TERPADU

PERTANIAN BERKELANJUTAN.....	131
9.1 Pendahuluan	131
9.2 Ekologi Serangga.....	133
9.2.1 Indeks Keanekaragaman Serangga.....	136
9.2.2 Indeks Dominasi Serangga	136
9.3 Pengendalian Hama Terpadu.....	137
9.3.1 Pengertian Hama.....	138
9.3.2 Predator	139
9.3.3 Parasitoid	140
9.3.4 Pengendalian Hayati	141
9.3.5 Perangkap.....	142
9.4 Pertanian Berkelanjutan	143
9.5 Kedudukan Serangga Dalam Kehidupan Manusia	146
DAFTAR PUSTAKA.....	148
BAB 10 ANATOMI SERANGGA.....	153
10.1 Pendahuluan	153
10.2 Anatomi Serangga.....	154
10.3 Anatomi Eksternal Tubuh Serangga	155
10.3.1 Kepala	156
10.3.2 Mata.....	157
10.3.3 Antena	158
10.3.4 Alat Mulut.....	159
10.3.5 Dada (Thorax)	160
10.3.6 Kaki	160
10.3.7 Sayap	161
10.3.8 Abdomen.....	161
10.4 Eksoskeleton/Kerangka Luar Serangga	163
10.5 Anatomi Internal Tubuh Serangga	165
10.5.1 Sistem Pencernaan Serangga	165
10.5.2 Sistem Pernapasan Serangga	166
10.5.3 Sistem Peredaran Darah Serangga	167

10.5.4 Sistem Saraf Serangga	169
10.6 Morfologi Serangga	170
DAFTAR PUSTAKA	172
BAB 11 PERKEMBANGAN DAN METAMORFOSIS	
SERANGGA	173
11.1 Perkembangan Serangga	173
11.1.1 Stadia Telur	173
11.1.2 Stadia Larva dan Nimfa	176
11.1.3 Stadia Pupa atau Kepompong	190
11.1.4 Stadia Serangga Dewasa atau Imago	192
11.2 Metamorfosis Serangga	194
11.2.1 Jenis-jenis Metamorfosis	194
11.3 Pergantian Kulit pada Serangga	201
11.4 Instar	202
DAFTAR PUSTAKA	204
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Imago wereng coklat (<i>Nilaparvata lugens</i>).....	16
Gambar 1.2. Lebah sedang mengumpulkan nektar dan serbuk sari	18
Gambar 2.1. Proporsi spesies serangga menempati lebih dari separuh jumlah spesies eukaryote.....	22
Gambar 2.2. Proporsi subphyla artropoda (a) dan ordo serangga (b): proporsi speies yang ada di planet bumi (c).....	23
Gambar 2.3. Pengaruh intensifikasi terhadap keanekaragaman hayati dalam agroekosistem dan hubungannya dengan keanekaragaman arthropoda.....	26
Gambar 2.4. Dampak pengelolaan agroekosistem terhadap keanekaragaman musuh alami dan kelimpahan serangga hama	27
Gambar 2.5. Dampak ekologis dari monokultur dan perlakuan pestisida terhadap hama dalam agroekosistem.....	29
Gambar 3.1. Pengaruh peningkatan suhu terhadap hama serangga.....	45
Gambar 3.2. Pengaruh peningkatan konsentrasi CO ₂ atmosfer terhadap hama serangga.....	46
Gambar 3.3. Pengaruh curah hujan tinggi dan kemarau terhadap hama serangga.....	47
Gambar 3.4. Pengelolaan hama serangga di era perubahan iklim	49
Gambar 4.1. Hubungan tingkat tropik di agroekosistem: rantai makanan (a) dan jarring makanan (b).....	47

Gambar 4.2. Tahapan proses terjadinya suksesi ekologi.....	61
Gambar 4.3. Mekanisme terbentuknya biotipe baru wereng batang coklat	63
Gambar 4.4. Interaksi antara Populasi Hama dan Tanaman.....	65
Gambar 4.5. Aliran Energi dalam Ekosistem melalui Sistem Trofi.	67
Gambar 6.1. Tipe tanggap fungsional (a,b) Tipe I (linear), (c,d) Tipe II (hiperbolik), (e,f) Tipe III (sigmoid).....	93
Gambar 9.1. Larva <i>Spodoptera litura</i> merusak daun dan Bunga Stroberi	139
Gambar 9.2. Perangkat Warna Kuning di areal Hidroponik Tanaman Stroberi.....	142
Gambar 9.3. Penerapan Pertanian Biodinamik menggunakan Kohe Sapi pada tanaman oleh Petani.....	145
Gambar 9.4. Pertanian Biodinamik dari Kohe Sapi di Inkubasi dalam Tanduk Sapi	146
Gambar 10.1. Anatomi bagian Kepala dari pada serangga	156
Gambar 10.2. Posisi kepala serangga berdasarkan letak arah alat Mulut. (a) Hypognatus, (b) Prognathous, (c) Opistognatus.....	157
Gambar 10.3. Tipe-Tipe Antena.....	158
Gambar 10.4. Struktur Tubuh Serangga.....	162
Gambar 10.5. Sistem Pencernaan Serangga.....	166
Gambar 10.6. Sistem Pernapasan Serangga.....	167
Gambar 10.7. Sistem Peredaran darah serangga.....	168
Gambar 10.8. Sistem saraf serangga.....	170
Gambar 11.1. Tipe-tipe Telur Singly Laid	175
Gambar 11.2. Tipe-tipe Telur Laid in Groups	176

Gambar 11.3. Bentuk Larva Apoda	179
Gambar 11.4. Bentuk Larva Oligopoda	180
Gambar 11.5. Bentuk Larva Polipoda.....	181
Gambar 11.6. Bentuk Larva Eruciform	184
Gambar 11.7. Bentuk Larva Scarabaeiform.....	185
Gambar 11.8. Bentuk Larva Campodeiform.....	186
Gambar 11.9. Bentuk Larva Vermiform	187
Gambar 11.10. Bentuk Larva Elateriform.....	188
Gambar 11.11. Bentuk Larva Platyform.....	189
Gambar 11.12. Bentuk Larva Carabiform.....	190
Gambar 11.13. Tipe Pupa pada Serangga; Obtecta (a), Eksarata (b), Coarctata (c)	192
Gambar 11.14. Bentuk Abdomen Jantan dan Betina <i>Leptocorisa</i> sp. (a), Perbandingan Ukuran Jantan dan Betina <i>Phyllium</i> <i>celebicum</i> (b)	193
Gambar 11.15. A Metabola pada Thysanura.....	195
Gambar 11.16. Metamorfosis Sederhana (Paurometabola) pada Orthoptera.....	196
Gambar 11.17. Metamorfosis Sederhana (Paurometabola) pada Hemiptera.....	197
Gambar 11.18. Metamorfosis Sederhana (Hemimetabola) pada Capung	198
Gambar 11.19. Metamorfosis Sempurna (Holometabola) pada Lepidoptera	200
Gambar 11.20. Metamorfosis Gabungan (<i>Intermediate</i> <i>Metamorphosis</i>) pada Thysanoptera.....	201

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Nutrisi minimal yang terbukti berguna atau penting bagi serangga.....	76
Tabel 7.1. Rerata populasi wereng coklat dengan beberapa metode tanam	103
Tabel 7.2. Populasi <i>S. frugiperda</i> . dan faktor abiotiknya	104
Tabel 7.3. Pengaruh jarak tanam kedelai terhadap populasi hama	106
Tabel 7.4. Populasi musuh alami wereng coklat dengan rekayasa ekologi dan tanpa rekayasa ekologi.....	107
Tabel 7.5. Indeks keragaman dan Indeks kekayaan jenis musuh alami.....	108
Tabel 7.6. Persentase artropoda di agroekosistem Desa Tulungrejo.....	108
Tabel 11.1. Perbedaan larva dan nimfa pada serangga.....	176

BAB 1

PENDAHULUAN

Oleh Sunarno SastroAtmodjo

1.1 Definisi dan Posisi Ekologi

Ekologi merupakan sebagian kecil dari Biologi. Bila ditinjau dari segi biologi murni, biologi dapat dibagi dua, yaitu penggolongan atas dasar "lapisan" tegak/vertikal dan penggolongan atas dasar "keratan" taksonomi/sistematika.

1.1.1 Lapisan vertikal

Lapisan vertikal yaitu :

Morfologi	:	Ilmu yang membahas mengenai bentuk luar
Anatomi	:	Ilmu yang membahas mengenai bagian-bagian dalam
Histologi	:	Ilmu yang membahas mengenai jaringan Mikroskopi
Fisiologi	:	Ilmu yang membahas mengenai faal atau proses kerja
Genetika	:	Ilmu yang membahas mengenai sifat keturunan
Ekologi	:	Ilmu yang membahas mengenai "rumah" organisme dan lain-lain,

1.1.2 Keratan taksonomi atau sistematika

Keratan taksonomi atau sistematika, yaitu:

Mikologi	:	Ilmu yang membahas mengenai jamur
Mikrobiologi	:	Ilmu yang membahas mengenai jasad renik

Entomologi	:	Ilmu yang membahas mengenai serangga
Ornitologi	:	Ilmu yang membahas mengenai burung
Botani	:	Ilmu yang membahas mengenai tumbuhan dan lain-lain,

1.2 Klasifikasi Ekologi

1.2.1 Penggolongan Menurut Tingkat Organisasi Makhluk Hidup

Ekologi dapat digolongkan menurut tingkat organisasi kehidupannya:

1. **Autekologi**, ekologi yang mempelajari suatu jenis (spesies) organisme yang berinteraksi dengan lingkungannya. Biasanya ditekankan pada aspek siklus hidup, adaptasi terhadap lingkungan, sifat parasitis atau non parasitis, dan lain-lain. Umpamanya seorang hanya mengkaji segala seluk beluk ekologi alang-alang (*Imperata cylindrica*); atau hanya mengkaji seluk beluk ekologi (*Pongo pygmaeus*) di alam asli, dan sebagainya.
2. **Sinekologi**; ekologi yang mengkaji berbagai kelompok organisme sebagai suatu kesatuan yang saling berinteraksi dalam suatu daerah tertentu. Sering pula kita dengar istilah lain seperti; Ekologi jenis, ekologi populasi, ekologi komunitas, dan ekologi ekosistem. Namun sekarang terdapat kecenderungan untuk meninggalkan pembagian seperti tersebut di atas (Sudjiran R., Kuswata K., Apriliani S.,; 1985).

1.2.2 Penggolongan Menurut Habitat

Para ahli lingkungan membuat kajian ekologi menurut habitat atau tempat suatu jenis atau kelompok jenis tertentu, seperti berikut:

1. Ekologi terrestrial;
 - a. Ekologi Hutan
 - b. Ekologi savanna
 - c. Ekologi steppa
 - d. Ekologi dataran tinggi
 - e. Ekologi pesisir
2. Ekologi perairan;
 - a. Ekologi perairan laut
 - b. Ekologi perairan tawar
 - c. Ekologi perairan payau

1.2.3 Penggolongan menurut taksonomi,

Penggolongan ini sesuai dengan sistematika makhluk hidup, yaitu:

1. Ekologi tumbuhan;
 - a. Ekologi lumut
 - b. Ekologi ilalang
 - c. Ekologi cendana
 - d. Ekologi jati
2. Ekologi hewan;
 - a. Ekologi serangga
 - b. Ekologi ikan
 - c. Ekologi burung
 - d. Ekologi primata
 - e. Ekologi mikroba

1.2.4 Penggolongan Menurut Bidang Kajian

Ekologi dapat digolongkan menurut bidang kajiannya, yaitu:

1. Ekologi pertanian
2. Ekologi kesehatan
3. Ekologi perikanan

1.3 Serangga/Insekta dan Ekologi Serangga/Insekta

Serangga/insekta dibahas secara khusus dalam bidang entomologi. Entomologi berasal dari kata *entomon*, yang berasal dari bahasa Yunani, yang memiliki arti irisan atau potongan dan *logos* yang memiliki arti ilmu. Kata *entomon* juga dapat disebut sebagai *insectum*, yang berasal dari bahasa Latin, yang memiliki arti potongan (Harper and McCormack, 2012). Serangga/insekta mempunyai ciri khas, tubuhnya terdiri dari tiga ruas, yaitu kepala/*cephalon*, dada/*toraks*, serta perut/*abdomen*. Tungkai serangga terdiri atas tiga pasang, dengan sistem pernafasannya yang menggunakan trakea ..

Serangga/insekta dapat hidup di berbagai belahan dunia tanpa batas. Serangga/insekta dapat hidup di tanah, air, serta salju. Serangga/insekta dapat hidup di daerah dingin hingga panas. Serangga/insekta telah hidup di permukaan bumi sejak 396 juta tahun lalu (Engel and Grimaldi, 2004).

1.4 Populasi dan Komunitas

1.4.1 Populasi

Suatu populasi memiliki ciri-ciri yang khas untuk kelompok yang tidak dimiliki oleh masing-masing individu anggotanya. Karakteristik ini antara lain adalah kepadatan, natalitas (angka kelahiran), mortalitas (laju kematian), potensi biotik, penyebaran umur dan bentuk pertumbuhan.

Pada suatu populasi dikatakan tumbuh dalam laju potensi biotik bila pertumbuhan itu ada dalam keadaan maksimum. Laju seperti ini tercapai dalam keadaan yang sangat menguntungkan sehingga natalitas mencapai tingkat maksimum dan mortalitas minimum. Pada kenyataan di alam laju pertumbuhan maksimum seperti ini dapat terjadi.

Pada Pertumbuhan suatu populasi mengikuti pola kurva logaritmik atau kurva yang berbentuk Sigmoid. Pada permulaan pertumbuhan meningkat dengan cepat sampai pada suatu saat pertumbuhan menjadi stabil dan kurva menjadi datar, yaitu pada saat potensi biotik sama dengan kemampuan lingkungan.

Pada suatu saat akan terjadi pembatasan pertumbuhan populasi sehingga kurvanya menjadi mendatar dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Pada populasi jenis hewan dapat saja terjadi hal yang disebabkan oleh perilaku hewan tersebut. Jenis-jenis tertentu tidak toleran terhadap keadaan penuh sesak dan karenanya hanya menghasilkan sedikit individu-individu baru (Sudjiran R., Kuswata K., Apriliani S.,; 1985).

1.4.2 Komunitas

Suatu kelompok seperti terdiri dari tumbuhan dan hewan secara bersama telah menyesuaikan diri dan menghuni suatu tempat alami disebut komunitas. Suatu komunitas dapat menjadikan ciri khas suatu unit lingkungan yang mempunyai kondisi habitat utama yang seragam. Unit lingkungan seperti ini disebut biotop. Pada suatu komunitas pengendali kehadiran jenis-jenis berupa satu atau beberapa spesies tertentu atau dapat pula sifat-sifat fisik habitat. Walaupun demikian tidak ada batas yang nyata antara keduanya sebab kedua-duanya dapat saja terjadi secara bersama-sama atau saling mempengaruhi, dalam bentuk kondisi tanah, topografi, elevasi dan iklim memungkinkan jenis cemara gunung (*Casuarina junghuhniana*) untuk berkembang baik di suatu tempat serta dengan kehadiran jenis cemara ini

menciptakan lingkungan tertentu yang cocok untuk pertumbuhan jenis hewan dan tumbuhan tertentu. Suatu jenis yang dalam suatu komunitas menentukan atau mengendalikan kehadiran jenis lain disebut jenis dominan, atau dapat dikatakan pula sebagai jenis yang merajai (Sudjiran R., Kuswata K., Apriliani S.,; 1985).

1.4.3 Pola komunitas

Whittaker (1970) mengemukakan bahwa ada tiga konsep yang dapat diterapkan dalam mengamati pola komunitas.

1. Sesuatu yang dinamakan gradasi komunitas (*community gradient, coenocline*) yaitu konsep yang dinyatakan dalam bentuk populasi.
2. Suatu konsep gradasi lingkungan (*environmental gradient*), yang menyangkut sejumlah faktor-faktor lingkungan yang berubah secara bersama-sama. Sebagai misal, dalam gradasi elevasi (*elevation gradient*) termasuk faktor-faktor penurunan suhu rata-rata, penambahan curah hujan, penambahan kecepatan angin dan sebagainya, ke arah ketinggian yang meningkat.
3. Sesuatu yang disebut gradasi ekosistem (*ecocline*), yang dalam hal ini kompleks gradasi dan gradasi komunitas akan dapat membentuk suatu kesatuan serta dapat membentuk gradasi komunitas dan lingkungan.
4. Pola yang berikut disebut ordinasi (*ordination*), yaitu pengaturan komunitas-komunitas pada suatu deretan menurut varian posisinya. Sering pula cara ini disebut analisis gradasi tidak langsung (*indirect gradient analysis*) (Sudjiran R., Kuswata K., Apriliani S.,; 1985).

1.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Insekta

Insekta mempunyai hubungan yang erat dan kompleks dengan faktor lingkungan sekitarnya. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kehidupan serangga, dari banyak faktor tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu (Begon, Harper and Townsend, 1986):

1.5.1 Faktor internal

1. Sifat Proteksi Diri

Sifat proteksi diri merupakan faktor dalam yang dimiliki oleh insekta/serangga, yang mempengaruhi kehidupan atau perkembangan serangga/insekta itu sendiri. Serangga/insekta yang memiliki fekunditas tinggi cenderung memiliki karakteristik mempertahankan diri yang lebih rendah dibandingkan dengan serangga yang memiliki fekunditas rendah (Price, 1997). Sedangkan bagi serangga/insekta yang mempunyai kemampuan mempertahankan diri tinggi, biasanya mampu melindungi dirinya dari musuh alaminya ataupun pesaingnya.

2. Daur Hidup

Daur hidup insekta adalah rangkaian tahapan hidup yang dimulai dari fase telur, pradewasa, hingga imago meletakkan telur (Price, 1997). Daur hidup insekta mempunyai tahapan yang bervariasi tergantung metamorfosa yang dialami insekta tersebut. Selain itu, lama siklus hidup bervariasi juga tergantung spesies serangga dan pengaruh faktor lingkungan (eksternal). Daur hidup serangga yang mengalami metamorfosa yang sempurna (holometabola) memiliki fase telur, larva, pupa, serta imago. Untuk daur hidup serangga/insekta yang mengalami metamorfosa paurometabola memiliki fase telur, nimfa dan imago, sedangkan untuk serangga/insekta dengan metamorfosa hemimetabola memiliki fase telur, naiad dan

imago. Waktu daur hifup serangga/insekta yang berstrategi reproduksi R memiliki kecenderungan yang lebih singkat dibandingkan serangga/insekta yang berstrategi reproduksi K.(Begon, Harper and Townsend, 1986).

3. Nisbah Kelamin

Nisbah kelamin merupakan perbandingan antara jumlah jantan dan betina yang diproduksi oleh induk betina dalam satu kali bereproduksi (satu *cohort*). Serangga/insekta biasanya mempunyai insting lebih banyak memproduksi keturunan betina (*female bias*), bila dibandingkan dengan keturunan berjenis kelamin jantan (Marques *et al.*, 2016). Setiap serangga/insekta mempunyai nisbah kelamin yang bervariasi, yang dapat dipengaruhi oleh faktor genetik/intrinsik dan faktor luar, khususnya temperature udara. Sebagai contoh pada perbandingan keturunan yang berjenis kelamin betina *S. frugiperda* lebih tinggi pada temperature udara yang rendah, kemudian akan turun proporsinya dengan semakin tingginya temperature udara di sekitarnya (Huang *et al.*, 2021).

1.5.2 Faktor eksternal

1. Faktor Abiotik/Klimatik

a. Temperatur udara

Temperatur udara merupakan satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kehidupan serta perkembangan serangga/insekta. Apabila semakin tinggi temperature udara, akan semakin cepat proses metabolisme pada tubuh serangga/insekta, berarti juga akan semakin cepat pertumbuhan serta perkembangan serangga/ insekta. Temperatur tubuh serangga/insekta akan mengikuti temperatur udara atau habitat di lingkungannya. Setiap species serangga/insekta melakukan penyesuaian atau beradaptasi dengan

lingkungannya pada kisaran temperatur udara yang bervariasi atau berbeda. Serangga/insekta yang dapat menjalani hidup dengan kisaran temperature yang luas disebut serangga *eurythermal*, sedangkan serangga/insekta yang dapat hidup dengan kisaran temperature yang sempit disebut serangga/insekta *stenothermal* (Price, 1997). Kisaran temperatur udara bagi kehidupan serangga/insekta terdiri atas:

- 1) Zone temperatur maksimum,
- 2) Zone temperatur estivasi atau diapause,
- 3) Zone temperatur optimum atau efektif,
- 4) Zone temperatur hibernasi,
- 5) Zone temperatur minimum (Odum, 1971).

Pada daerah suhu maksimum dan minimum serangga/insekta tidak dapat hidup. Akan tetapi serangga masih dapat bertahan hidup pada zone temperatur tinggi tetapi dalam keadaan tidak aktif disebut estivasi atau diapause. Untuk serangga/insekta yang masih dapat bertahan hidup pada temperatur rendah, akan tetapi dalam keadaan tidak aktif, disebut hibernasi. Zone temperatur optimum atau efektif merupakan kisaran temperature yang ideal untuk kehidupan serangga/insekta.

b. Kelengasan udara dan hujan

Kelengasan atau kelembaban udara dapat mempengaruhi kehidupan insekta. Penyimpanan hasil pertanian, misalnya gabah, beras, kacang, kedele, jagung, apabila disimpan pada keadaan lembab akan sangat diminati oleh serangga/insekta jenis hama gudang. Hujan dapat menghanyutkan atau merendam larva, nimfa, atau imago, sehingga dapat mematikan serta sekaligus akan menurunkan populasi

serangga/insekta. Kondisi tanah yang lembab dan tergenang dapat mematikan telur, larva, serta pupa yang ada di dalam tanah.

c. Cahaya/sinar dan bau

Cahaya atau warna mempengaruhi perilaku dan kehidupan insekta. Serangga tertarik pada cahaya biasanya yaitu insekta yang aktif di malam hari (*nocturnal*). Warna-warna yang disukai serangga/insekta biasanya warna putih atau warna kuning. Imago *S.frugiperda* tertarik terhadap warna hijau, kuning, putih dan merah (Nascimento *et al.*, 2018). Bau dapat mempengaruhi perilaku atau *behavior* serangga/insekta. Serangga/insekta monofag atau oligofag menyukai tumbuhan inang tertentu sesuai dengan bau serta warna tumbuhan inang yang disukainya. Tanaman tumpangsari dari dua jenis atau lebih tanaman yang berasal dari keluarga/familia yang berbeda dapat mengganggu penciuman serangga/insekta monofag dan oligofag. Oleh karena itu bau tanaman tumpangsari tersebut menyebabkan dihasilkan bau campuran yang sulit dideteksi oleh serangga fitofag tersebut.

d. Tekanan udara atau angin

Tekanan/aliran udara atau angin mempengaruhi penyebaran serangga. Insekta biasanya akan melawan arah angin bila mencari sumber pakannya. Angin yang membawa aroma dan bau ke serangga/insekta menyebabkan serangga/insekta melawan arah angin untuk menemukan tumbuhan inang yang disukainya. Penyebaran dan pola arah serangga/insekta dapat mengikuti arah angin bertiup. Serangga/insekta

berukuran kecil dapat dengan mudah terbawa angin dan dapat menyebar jauh dari tempat asalnya.

2. Faktor Biotik/Interaktif

a. Predator/pemangsa

Predator/pemangsa yaitu hewan yang memakan atau memangsa insekta atau hewan lainnya. Predator/pemangsa yang menangkap atau menyerang serangga/insekta dapat berasal dari hewan vertebrata atau avertebrata. Predator/pemangsa dapat mempengaruhi perkembangan populasi serangga/insekta, antara lain adalah kelelawar, kadal, cicak, laba-laba, atau serangga/insekta predator/pemangsa yang berukuran lebih besar. Predator/pemangsa yang paling banyak menyerang serangga/insekta fitofag berasal dari *Arthropoda*. *Arthropoda* predator/pemangsa dari kelompok laba-laba, contohnya *Pardosa pseudoannulata* terbukti efektif menekan populasi *N. lugens* (Daravath and Chander, 2017). Serangga/insekta predator/pemangsa yang menyerang serangga fitofag, misalnya *Podisus nigrispinus* yang menyerang larva *S. frugiperda* (Zanuncio *et al.*, 2008).

b. Parasitoid

Parasitoid memiliki behavior yang hampir sama atau mirip dengan parasit, akan tetapi sifat parasitoid dapat mematikan inangnya, sedangkan pada parasit tidak akan mematikan inangnya. Parasitoid dapat menurunkan populasi insekta fitofag. Parasitoid paling banyak berasal dari Ordo Hymenoptera. Misalnya parasitoid *Aphis gossypii* adalah *Aphidius* sp., *Aphelinus* sp., *Diaretiella rapae* (Herlinda *et al.*, 2011; Riyanto *et al.*, 2011).

c. Entomopatogen

Entomopatogen adalah patogen yang menyebabkan sakit dan matinya insekta. Entomopatogen yang dapat mematikan serangga/insekta berasal dari jamur, bakteri, virus, nematoda, riketsia dan lain sebagainya. Jamur/fungi yang banyak menyerang serangga/insekta fitofag, yaitu *Beauveria bassiana* yang dapat mematikan *Spodoptera litura* (Ayudya, Herlinda and Suwandi, 2019; Gustianingtyas *et al.*, 2020; Herlinda, Efendi, *et al.*, 2020), *Aspergillus* sp. dapat menyerang larva *S. frugiperda* (Gustianingtyas, Herlinda and Suwandi, 2021), *Metarhizium* spp juga ditemukan dapat mematikan larva *S. frugiperda* (Herlinda, Octariati and Suwandi, 2020). Bakteri juga telah banyak secara efektif mematikan serangga/insekta fitofag, misal misalnya *Bacillus thuringiensis* (Bt), secara efektif dapat membunuh larva *S. frugiperda* (Horikoshi *et al.*, 2016).

d. Kompetisi

Perilaku kompetisi atau persaingan juga dapat mempengaruhi kehidupan insekta.

Kompetisi/persaingan dapat dibagi dua, yaitu kompetisi intraspesifik dan kompetisi interspesifik. Kompetisi/persaingan intraspesifik terjadi di antara individu di dalam satu spesies. Kompetisi/persaingan interspesifik terjadi di antaradua atau lebih spesies atau jenis (Price, 1997). Kompetisi/persaingan dapat menyebabkan terjadinya penyebaran serangga/insekta dengan arah menjauhi satu dengan lainnya, karena adanya keterbatasan dayadukung relung serta habitat. Kompetisi tipe intraspesifik terjadi pada *S. frugiperda* yang memasuki instar kedua akan menyebar, untuk menghindari persaingan antar individu dengan kanibalisme. Kompetisi tipe interspesifik biasa terjadi antara semut dengan insekta predator/pemangsa atau parasitoid. Keberadaan semut dapat mengganggu perilaku kompetitor tersebut.

1.5.3 Faktor Makanan

Faktor jumlah dan mutu makanan atau pakan mempengaruhi kehidupan serangga. Jumlah makanan yang berlimpah akan dapat mengakibatkan meningkatnya populasi serangga/insekta. Misalnya pada tanaman padi dengan dua musim tanam secara terus menerus dapat meningkatkan populasi serangga fitofag (Prabawati, Herlinda and Pujiastuti, 2019; Herlinda, Prabawati, *et al.*, 2020). Mutu makanan juga dapat mempengaruhi kehidupan serangga/insekta. Tanaman yang diberi pupuk dengan jenis pupuk nitrogen secara berlebihan akan mengandung kadar air yang tinggi, sehingga mengakibatkan tanaman tersebut lebih disukai serangga/insekta fitofag. Bila tanaman diberi pupuk dengan pupuk kalium mengakibatkan jaringan tanaman menjadi lebih keras dan kuat, akibatnya dapat menghambat insekta fitofag untuk memakannya.

1.6 Dampak dan Peran Insekta dalam Kehidupan Manusia

1.6.1 Dampak di Bidang Pertanian

Dalam sektor pertanian, insekta dapat berperan sebagai fitofag, insekta predator, parasitoid, vektor penyakit tumbuhan, serta penyerbuk.

1. Insekta fitofag

Serangga/insekta fitofag dapat menyerang tanaman dengan cara menusuk dan mengisap (bagi insekta dengan tipe alat mulut haustelata) atau menggigit dan mengunyah tumbuhan/tanaman inangnya. Jenis anggota insekta yang banyak berperilaku sebagai fitofag, yaitu Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera, Diptera, Coleoptera (Herlinda, Prabawati, *et al.*, 2020; Karenina *et al.*, 2020). Insekta fitofag ini dikatakan berperan sebagai hama bila kerusakan yang diakibatkannya telah merugikan secara ekonomis. Beberapa contoh spesies insekta fitofag yang berperilaku sebagai hama adalah wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) (Herlinda, Apriyanti and Anggraini, 2018) yang menyerang tanaman padi, lalat buah cabai (*Bactrocera dorsalis*) (Herlinda *et al.*, 2008; Pujiastuti *et al.*, 2020), *Spodoptera frugiperda*, dan *Nezara vidula* (Gambar 1.1).

2. Insekta predator

Insekta predator berperan penting menekan populasi fitofag yang telah berfungsi sebagai hama ataupun masih di bawah keseimbangan umum. Serangga predator memangsa dengan cara menggigit dan mengunyah atau menusuk dan mengisap mangsanya. Ordo serangga yang spesies anggotanya banyak berperan sebagai predator, antara lain adalah Coleoptera, Odonata, Hemiptera. Contoh beberapa spesies yang berperan sebagai predator adalah *Paederus fuscipes* dan *Andrallus spinindens* (Herlinda *et al.*, 2019),

Menochilus sexmaculatus, dan *Ophionea nigrofasciata* (Gambar 1.4) (Karenina *et al.*, 2019).

3. Insekta parasitoid

Insekta parasitoid juga berperan penting dalam menekan populasi fitofag. Insekta parasitoid merupakan insekta yang memarasit dengan cara mengisap cairan tubuh serangga atau artropoda inangnya dan mematikan inang tersebut. Ordo serangga yang spesies anggotanya banyak berperan sebagai parasitoid, antara lain adalah Hymenoptera dan Diptera. Sebagai contoh beberapa spesies serangga yang berperan sebagai parasitoid adalah *Hemiptarsenus varicornis* yang memarasit larva pengorok daun *Liriomyza sativae* (Herlinda *et al.*, 2006) dan *Tryoxis sinensis* yang menyerang nimfa *Aphis gossypii* (Herlinda *et al.*, 2011).

4. Insekta vektor

Insekta yang berperan sebagai vektor penyakit tumbuhan umumnya lebih membahayakan tumbuhan inang karena perannya ganda sebagai fitofag yang menyerang langsung tanaman dan juga menularkan patogen penyebab penyakit pada tumbuhan. Insekta yang banyak berperan sebagai vektor penyakit tumbuhan adalah serangga yang memiliki tipe alat mulut menusuk mengisap, misalnya dari Ordo Hemiptera. Sebagai contoh spesies yang berperan sebagai vektor penyakit tumbuhan adalah *N. lugens*, yang menularkan penyakit virus kerdil pada padi.



Gambar 1.1. Imago wereng coklat (*Nilaparvata lugens*)
(Sumber: Sumikarsih, Herlinda and Pujiastuti, 2019)

5. Insekta penyerbuk

Insekta penyerbuk pada tumbuhan berperan penting untuk dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Dengan tidak adanya insekta penyerbuk dapat menyebabkan terjadinya penurunan produksi buah dan biji-bijian. Ordo serangga yang banyak berperan sebagai penyerbuk, antara lain Ordo Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera. Sebagai contoh spesies yang berperan sebagai penyerbuk, antara lain *Apis* sp., *Polites fuscata*, *Trigona* sp.

1.6.2 Peran di Bidang Peternakan dan Perikanan

Pada bidang peternakan dan perikanan, insekta dapat berperan sebagai sumber pakan karena mengandung protein dan karbohidrat yang dibutuhkan oleh ternak dan ikan. Sebagai ssatu contoh, yaitu larva serangga yang dapat dijadikan pakan ikan dan hewan laut, yaitu *Hermetia illucens*, yang mengandung protein hingga 52.79% (Herawati, Windarto and Rismaningsih, 2020). *H. illucens* juga dapat dijadikan pakan ternak (Mokolensang, Hariawan and Manu, 2018).

1.6.3 Peran di Bidang Industri

Insekta juga berperan penting dalam bidang industri. Sebagai suatu contoh, yaitu ulat sutera (*Bombyx mori*), yang dapat menghasilkan sutera untuk industri tekstil dan pakaian. Kutu lak (*Laccifer lacca* Kerr) berperan penting dalam bidang industri, antara lain untuk industri cat atau resin. Kutu lak hidup pada tumbuhan inang dan menghasilkan lak pada batang, cabang dan ranting tumbuhan inangnya dengan cara membungkusnya dengan lak. Tumbuhan tersebut antara lain yaitu kesambi (*Schleicsera oleosa*). Insekta juga dapat menghasilkan madu, contoh antara lain *Apis cerana* dan *Apis melimera*. Lebah pekerja betina berperan mengumpulkan nektar dan serbuk sari dari tumbuhan inangnya (Gambar 1.2).



Gambar 1.2. Lebah sedang mengumpulkan nektar dan serbuk sari

DAFTAR PUSTAKA

- Gustianingtyas, M. *et al.* 2020. 'Toxicity of entomopathogenic fungal culture filtrate of lowland and highland soil of South Sumatra (Indonesia) against *Spodoptera litura* larvae', *Biodiversitas*, 21(5), pp. 1839–1849. doi: 10.13057/biodiv/d210510.
- Herlinda, S., Yulia Pujiastuti, Chandra Irsan, Riyanto, Arsi, Erise Anggraini, Tili Karenina, Lina Budiarti, Lilian Rizkie, Dian Maharani Octavia. 2021. *Ekologi Serangga*. Penerbit Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI), Palembang.
- Kadha, F., Supriyanto and Haneda, N. F. 2019. 'Traditional cultivation of *Laccifer lacca* Kerr. in Alor, East Nusa Tenggara', in *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 394 01205, pp. 1–5. doi: 10.1088/1755-1315/394/1/012058.
- Muscle, F. 2020. 'Flight muscle and wing mechanical properties are involved in flightlessness of the domestic silkworm, *Bombyx mori*', *Insects*, 11, pp.1–14.
- Nascimento, I. N. do *et al.* 2018. 'Light-emitting Diodes (LED) as luminous lure for adult *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)', *Journal of Experimental Agriculture International*, 25(4), pp. 1–8. doi: 10.9734/jeai/2018/43402.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Third Edit. Philadelphia: W.B.Saunders Company.

BAB 2

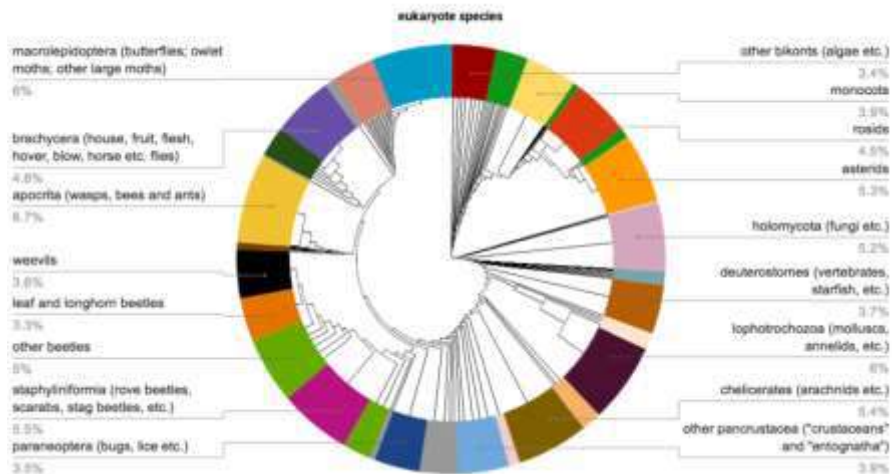
KEHIDUPAN SERANGGA DAN PERANANNYA DALAM BIDANG PERTANIAN

Oleh Sutiharni

2.1 Keanekaragaman Serangga dalam Lingkup Kehidupan Tanaman Pertanian

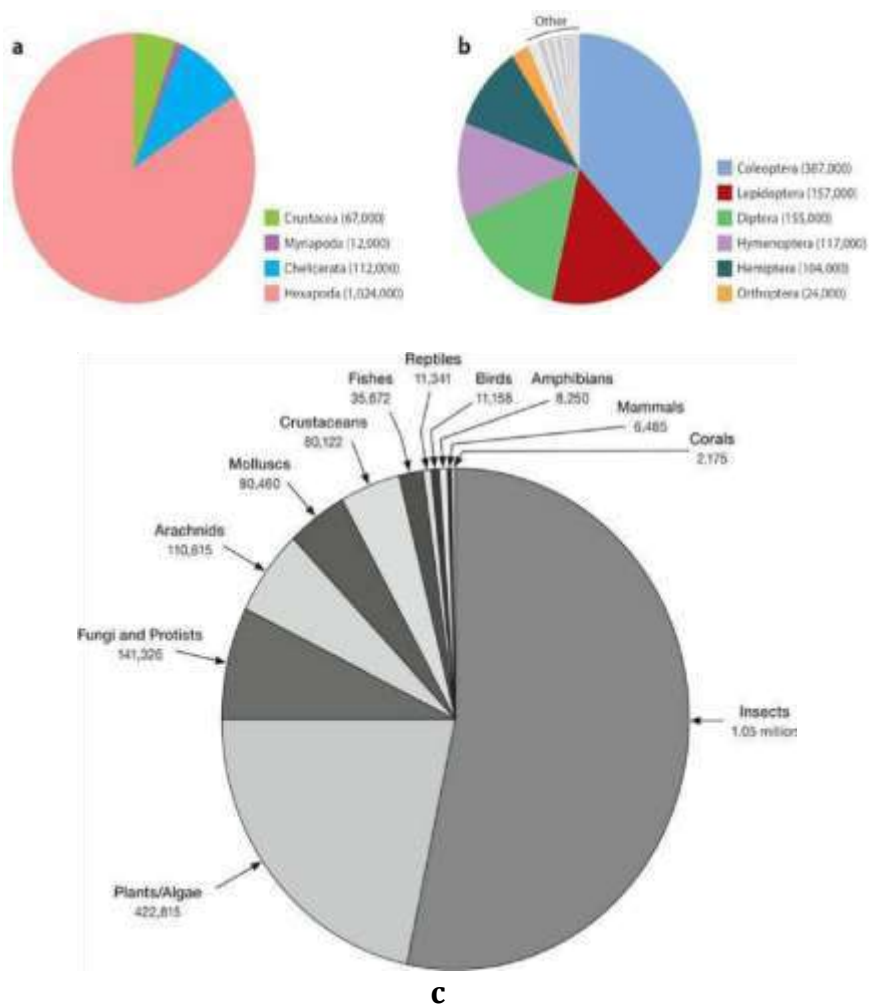
Serangga merupakan kelompok hewan yang dominan di muka bumi dengan jumlah spesies hampir 80 persen dari jumlah total hewan di bumi. Dari 751.000 spesies golongan serangga, sekitar 250.000 spesies atau 15% dikenal di Indonesia (Shahabuddin *et al.*, 2005). Indonesia merupakan negara dengan kekayaan hayati tinggi (mega biodiversity), termasuk keragaman jenis serangga yang berlimpah, keberadaan serangga yang berlimpah berbanding lurus dengan tingkat keragaman serangga dan menjadi indikator keseimbangan ekosistem. Keseimbangan ekosistem dikatakan stabil apabila dalam suatu ekosistem memiliki keragaman serangga yang tinggi dan sebaliknya, keragaman serangga yang rendah maka ekosistem tersebut tidak stabil atau seimbang (Alrazik *et al.*, 2017). Diketahui bahwa sebanyak 1.413.000 spesies telah berhasil diidentifikasi dan dikenal, lebih dari 7.000 spesies baru ditemukan hampir setiap tahun. Dengan demikian serangga berhasil dalam mempertahankan keberlangsungan hidupnya pada habitat yang bervariasi, kapasitas reproduksi yang tinggi, kemampuan memakan jenis makanan yang berbeda, dan kemampuan menyelamatkan diri dari musuhnya (Borror 1998).

Serangga dipelajari secara khusus dalam entomologi. Entomologi berasal dari kata entomon, berasal dari bahasa Yunani yang berarti irisan atau potongan dan logos yang berarti ilmu. Entomon juga disebut sebagai insectum berasal dari bahasa Latin yang artinya potongan (Harper and McCormack, 2012). Serangga memiliki ciri khas, tubuhnya terdiri dari tiga ruas, yaitu kepala, toraks, dan abdomen. Tungkai serangga ada tiga pasang, dan sistem pernafasannya menggunakan trakea. Entomologi menarik untuk dipelajari karena serangga merupakan golongan makhluk hidup yang paling banyak menghuni permukaan bumi ini dibandingkan makhluk hidup lainnya. Separuh dari totalitas spesies eukaryote, merupakan spesies serangga, mendominasi subphyla lainnya (Zhang, 2011). Pada Gambar 2.1 serangga dapat menghuni berbagai penjuru dunia tanpa batas. Serangga dapat hidup di permukaan tanah dan di dalam tanah, air, dan salju. Serangga dapat menghuni daerah dingin hingga panas. Serangga telah menghuni permukaan bumi sejak 396 juta tahun lalu.



Gambar 2.1. Proporsi spesies serangga menempati lebih dari separuh jumlah spesies eukaryote.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Eukaryote_species_pie_tree.png



Gambar 2.2. Proporsi subphyla artropoda (a) dan ordo serangga (b): proporsi speies yang ada di planet bumi (c) (Zang, 2011 dan Redak, 2023)

Serangga merupakan hewan yang memiliki peranan penting dalam sebuah ekosistem. Menurut Astuti *et al.*, (2009) peranan serangga dalam ekosistem diantaranya adalah sebagai polinator, dekomposer, predator dan parasitoid. Keberadaan serangga pada suatu tempat dapat menjadi indikator biodiversitas, kesehatan ekosistem, dan degradasi lanskap. Serangga adalah hewan yang memiliki sebaran habitat yang luas. Serangga dapat ditemukan pada berbagai habitat mulai dari pegunungan, hutan, ladang pertanian, permukiman penduduk hingga daerah perkotaan (Dewi *et al.*, 2016). Keberadaan serangga khususnya di daerah perkotaan sering tidak dipedulikan oleh masyarakat. Keberadaan serangga diperkotaan menjadi hal yang positif karena serangga memiliki peranan ekologis, estetis dan sarana pendidikan. Kepekaan serangga terhadap perubahan lingkungan menjadi faktor penentu keberadaanya di alam. Hal tersebut berkaitan dengan kemampuannya dalam merespon gangguan lingkungan dengan pola tertentu (Rahayu, 2016). Kelimpahan dan keanekaragaman serangga yang berada disuatu habitat memiliki karakteristik dan kondisi lingkungan yang berbeda dengan habitat serangga lainnya (Vu 2009).

Keberhasilan dalam budidaya tanaman tidak terlepas dari faktor-faktor yang mempengaruhinya. Keanekaragaman hayati diantaranya yaitu keanekaragaman ekosistem, jenis dalam ekosistem dan plasma nutfah (keanekaragaman genetik) yang berada dalam setiap jenisnya. Keanekaragaman serangga merupakan salah satu bentuk kekayaan hayati di Indonesia yang diperkirakan mencapai ratusan ribu jenis serangga, namun belum semua jenis serangga diketahui jenisnya termasuk diantaranya serangga jenis baru (Amir *et al.*, 2003). Serangga hadir pada tanaman pertanian dapat sebagai herbivora, karnivora, dan omnivora. Keberadaan serangga pada komunitas tanaman sangat erat kaitannya dengan fenologi tanaman. Perkembangan keanekaragaman serangga secara bertahap akan menunjukkan

peningkatan sejak tanaman berumur satu hari hingga batas tertentu usia tanaman pertanian (siap panen). Secara antroposentris, terdapat dua peran serangga yaitu serangga yang menguntungkan (membantu proses penyerbukan) dan serangga yang dapat merugikan atau serangga hama (kurangnya hasil panen) sehingga mengakibatkan kerugian secara ekonomi.

Serangga memegang peranan yang sangat penting bagi ekosistem, peranan tersebut dapat menguntungkan maupun merugikan. Peran yang menguntungkan yaitu serangga dapat bermanfaat sebagai penyerbuk/pollinator, dapat berperan sebagai musuh alami serangga hama, berfungsi sebagai perombak / dekomposer, penyedia bahan makanan/protein hewani, serangga yang diperdagangkan yaitu serangga-serangga yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi, serta fungsi potensial lainnya seperti umpan untuk memancing, lebah madu dan semut rangrang (Amir *et al.*, 2003). Peran serangga yang merugikan yaitu serangga yang menyebabkan luka pada tanaman sehingga menyebabkan kerusakan/kerugian dan disebut sebagai hama. Pelukaan tanaman oleh serangga dilakukan antara lain dengan cara: menggigit, menghisap, memakan, melukai akar, meletakkan telur/ membuat sarang, mengamati serangga lain, dan pengantar penyakit (Untung, 2010). Kerusakan pada tanaman bisa keseluruhan misalnya, tanaman menjadi mati atau busuk, dan bisa juga pada sebagian tanaman saja, misalnya merusak daun, batang, buah/ benih, dan akar.

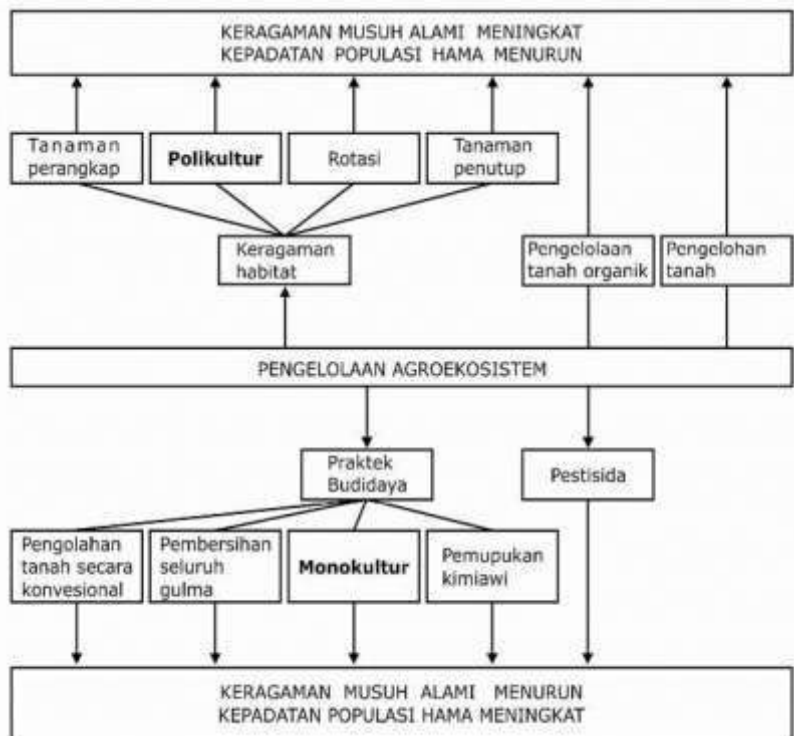
Pada negara berkembang seperti negara Indonesia, keragaman pertanian sudah didominasi oleh monokultur tanaman. Hal ini terjadi karena kebijakan intensifikasi pertanian menggunakan satu macam kultivar unggul secara nasional, menggiring petani menggunakan hanya satu kultivar tersebut dan mengabaikan kultivar lokal sehingga kultivar yang telah teradaptasi lama itu tersisihkan dan akhirnya hilang. Budidaya tanaman monokultur dapat mendorong ekosistem pertanian

rentan terhadap organisme serangga hama. Salah satu pendorong meningkatnya serangan pengganggu adalah tersedianya makanan terus menerus sepanjang waktu dan di setiap tempat. Adanya perluasan monokultur tanaman yang mengorbankan vegetasi alami sehingga mengurangi keragaman habitat lokal, akhirnya menimbulkan ketidakstabilan agroekosistem dan meningkatnya serangan hama. Komoditi tanaman yang dimodifikasikan untuk memenuhi kebutuhan manusia rusak karena tingginya serangan hama. Umumnya semakin intensif tanaman tersebut dimodifikasi maka akan semakin intensif pula hama yang menyerang (Swift *et al*, 1996) (Gambar 2.3).



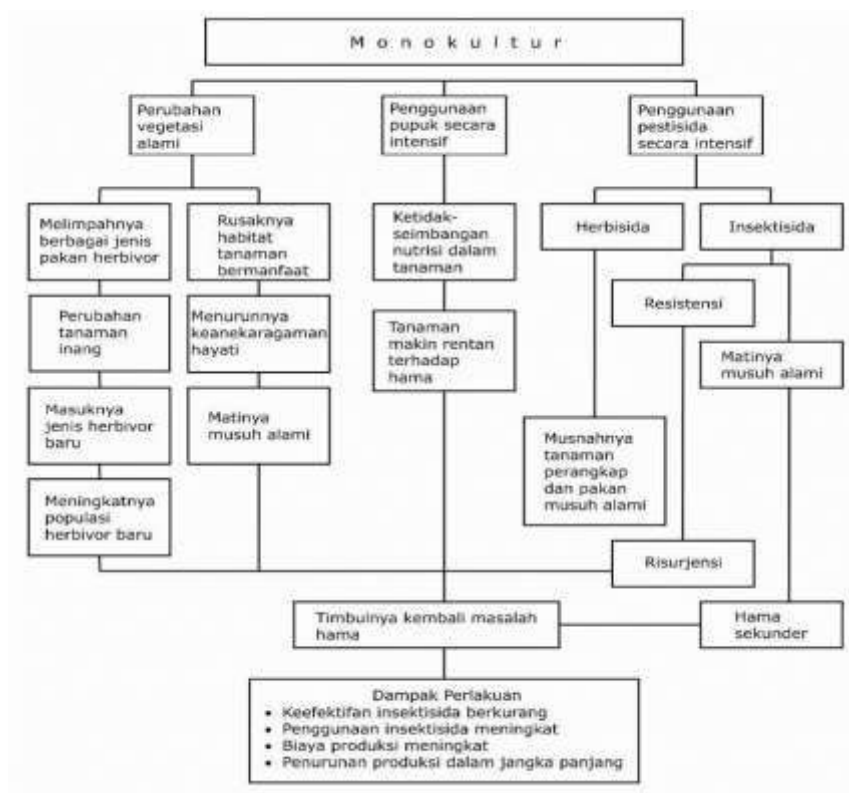
Gambar 2.3. Pengaruh intensifikasi terhadap keanekaragaman hayati dalam agroekosistem dan hubungannya dengan keanekaragaman arthropoda (Swift *et al*, 1996)

Pada pertanian monokultur sangat sulit dilakukan pengendalian hayati yang tepat dan efisien karena kurang jelasnya penampakan efektif dari musuh alami dan adanya gangguan beberapa perlakuan dalam sistem ini. Sebaliknya pada pertanian polikultur, sumber-sumber daya tertentu untuk musuh-musuh alami telah tersedia karena adanya keragaman tanaman, lebih mudah untuk dimanipulasi dan tidak digunakannya pestisida (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. Dampak pengelolaan agroekosistem terhadap keanekaragaman musuh alami dan kelimpahan serangga hama. (Altieri dan Nicolls, 2000)

Ditinjau dari dinamika serangga, polikultur tanaman tahunan lebih mendukung herbivora ke tingkat lebih rendah daripada monokultur. Kecenderungan ini disebabkan oleh kestabilan populasi musuh alami dengan adanya ketersediaan sumber-sumber pakan dan mikro habitat secara terus-menerus. Kemungkinan lain adalah herbivora tertentu lebih memilih habitat pada tanaman sejenis yang menyediakan semua kebutuhannya secara terpusat dan kondisi fisik yang selalu sama. Manipulasi dengan menggunakan tanaman penutup tanah (*cover crops*) juga berpengaruh terhadap serangga hama dan musuh-musuh alaminya. Data memaparkan bahwa kebun buah-buahan dengan tanaman liar dibawahnya menimbulkan kerusakan lebih rendah oleh serangan serangga dibanding dengan kebun buah yang diusahakan bebas dari tanaman lain (*clean cultivated*), karena melimpahnya jumlah dan efisiensi predator dan parasitoid (Southwood dan Way, 1970).



Gambar 2.5. Dampak ekologis dari monokultur dan perlakuan pestisida terhadap hama dalam agroekosistem (Altieri dan Nicolls, 2004)

Monokultur adalah implikasi dari penyederhanaan keanekaragaman. Hasil akhirnya memerlukan campur tangan manusia untuk membentuk ekosistem buatan dalam bentuk pemakaian bahan kimia sintetis yang meningkatkan produksi bersifat sementara. Hal ini berdampak terhadap kerusakan lingkungan (matinya serangga penyerbuk dan musuh alami, resistensi, resurjensi, perubahan status hama, dan tanaman lebih rentan terhadap hama) dan nilai-nilai sosial (keracunan dan

penyakit pada manusia serta pencemaran lingkungan). (Gambar 2.5.) Saat ini monokultur telah meningkat secara drastis di seluruh dunia, terutama melalui ekspansi lahan yang hanya menunjang pertumbuhan satu jenis tanaman. Di Indonesia contohnya, perkebunan kelapa sawit dengan luas areal 290 ribu ha pada tahun 1980 telah meningkat 200% menjadi 5,9 juta ha tahun 2006. Selama sistem monokultur dipelihara sebagai struktur dasar sistem pertanian modern, masalah hama akan berlanjut terus karena dampak negatif yang ditimbulkannya juga akan semakin tinggi.

2.2 Peran Serangga dalam Kehidupan Manusia dan Bidang Pertanian

Manusia mendapatkan keuntungan secara langsung maupun tidak langsung dengan keberadaan serangga. Tanpa adanya serangga, kelangsungan kehidupan manusia tidak dapat terjadi. Untuk proses penyerbukan lebih dari 67% dari total tumbuhan berbunga yang ada baik secara langsung maupun tidak langsung yang menghasilkan lebih dari 80% produk makanan yang dikonsumsi oleh manusia. Serangga juga menghasilkan produk-produk yang langsung dimanfaatkan manusia, seperti madu, lak, sutera, dan bahan pencelup. Banyak jenis serangga merupakan parasitoid atau predator, yang secara alamiah mengendalikan serangga hama dan tanaman pengganggu (gulma). Selain itu banyak juga serangga yang berperan besar dalam membantu proses pelapukan dan dekomposisi. Serangga juga menjadi mangsa dari beberapa jenis burung, ikan, dan hewan lainnya, termasuk manusia. Beberapa jenis serangga banyak digunakan oleh para peneliti dalam mempelajari dan menyelesaikan berbagai permasalahan dalam bidang genetika, evolusi, sosiologi, ekologi, polusi, dan kedokteran. Karena bentuk dan warnanya, beberapa jenis serangga juga digunakan sebagai sumber inspirasi oleh para seniman, perancang busana, selain menjadi barang koleksi.

Serangga berperan penting di bidang pertanian, perikanan, peternakan, industri, seni, budaya, dan peradaban manusia. Pada bidang pertanian, serangga dapat berperan sebagai fitofag, serangga predator, parasitoid, vektor penyakit tumbuhan, dan penyerbuk. Sebagai fitofag serangga menyerang tanaman dengan cara menusuk dan mengisap (tipe alat mulut haustelata) ataupun menggigit dan mengunyah (tipe alat mulut mandibula) tumbuhan inangnya. Serangga predator berperan penting menekan populasi fitofag yang telah berfungsi sebagai hama ataupun masih di bawah keseimbangan umum. Serangga predator memangsa dengan cara menggigit dan mengunyah atau menusuk dan mengisap mangsanya.

Parasitoid juga berperan penting dalam menekan populasi fitofag. Parasitoid merupakan serangga yang memarasit dengan cara mengisap cairan tubuh serangga atau artropoda inangnya dan mematikan inang tersebut. Serangga yang berperan sebagai vektor penyakit tumbuhan umumnya lebih membahayakan tumbuhan inang karena perannya ganda sebagai fitofag yang menyerang langsung tanaman dan juga menularkan patogen penyebab penyakit pada tumbuhan. Serangga penyerbuk pada tumbuhan berperan penting untuk dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Ketiadaan serangga penyerbuk dapat menyebabkan terjadinya penurunan produksi buah dan biji-bijian.

Di bidang perikanan dan peternakan, serangga dapat berperan sebagai sumber pakan karena mengandung protein dan karbohidrat yang dibutuhkan oleh ikan atau ternak. Contoh larva serangga yang dapat dijadikan pakan ikan dan hewan laut, yaitu *Hermetia illucens*. Serangga juga berperan penting dalam industri, contohnya ulat sutera (*Bombyx mori*) yang dapat menghasilkan sutera

2.2.1 Serangga berguna

1. Serangga Penyerbuk

Dominansi tumbuhan berbunga merupakan hasil dari proses penyerbukan (polinasi) yang dikembangkan oleh kelompok tumbuhan. Banyak jenis tanaman yang sangat bergantung pada serangga sebagai polinator, misalnya tanaman buah-buahan (apel, jeruk, dan melon) tanaman sayuran (kubis, bawang, wortel, dan mentimun), dan tanaman industri (tembakau, cengkeh, dan kelapa sawit). Lebah merupakan salah satu serangga polinator yang banyak melakukan polinasi pada tanaman, misal lebah madu (*Apis mellifera*) adalah jenis penyerbuk yang sangat penting, karena banyak jenis tanaman memerlukan serangga ini. Beberapa jenis tawon (wasp), beberapa jenis ngengat (mikrolepidoptera), serta lalat (flies) dapat pula berperan sebagai serangga polinator. Ordo serangga yang banyak berperan sebagai penyerbuk, antara lain Ordo Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera. Contoh spesies yang berperan sebagai penyerbuk, antara lain *Apis* sp., *Polites fuscata*, *Trigona* sp dan *Xylocopa* sp.

Beberapa spesies kumbang moncong (*Curculionidae*) *Elaeodobius* diketahui berperan sebagai agens penyerbuk dari daerah asal yang paling efektif. Lebah memiliki organ khusus untuk mengambil nektar, yang disebut proboscis yang bentuknya seperti belalai pada gajah. Proboscis memiliki kemampuan mengisap cairan nektar pada bunga. Aktivitas terbang lebah mengumpulkan nektar dan polen berlangsung sejak pagi sampai sore hari. Polen diperlukan oleh lebah madu terutama sebagai sumber protein dan lemak, dan sedikit karbohidrat dan mineral. Aktivitas lebah tersebut dilakukan secara tidak sengaja pada saat pencarian nektar dan tepung sari sebagai bahan pakan untuk koloninya. Menurut Freitas dan Paxton, (1996), tanaman yang mendapat bantuan

penyerbuk dalam proses pembuahan, menghasilkan hasil panen yang lebih banyak.

2. Serangga Entomopatogen

Perbedaan antara predator dan parasitoid terletak pada cara hidup dan cara makan serangga lain tersebut. Predator umumnya aktif dan mempunyai tubuh yang lebih besar dan lebih kuat dari serangga mangsanya, walaupun ada predator yang bersikap menunggu seperti belalang sembah. Istilah parasitoid digunakan untuk membedakannya dalam istilah parasit sungguhan seperti umum dijumpai pada hewan vertebrata. Predator dan parasitoid berperan penting sebagai agen pengendali alami di dalam ekosistem, pada ekosistem buatan umumnya kehidupan kelompok serangga ini sering terganggu oleh campur tangan manusia dalam kegiatan budi daya tanaman, terutama dalam penggunaan pestisida. Pemanfaatan serangga-serangga entomopatogen untuk mengatasi masalah hama di Indonesia sudah dilakukan. Beberapa contoh dari serangga-serangga tersebut adalah: (1). penggunaan kumbang dari Famili *Cochinelidae* dalam mengendalikan kutu loncat, *Aphis gossypii* pada tanaman lamtoro, (2). Nimfa dari kepinding mirid, *Cryptorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae) yang digunakan untuk pengendalian populasi wereng, (3). beberapa jenis anggang-anggang, seperti (*Microvelia douglasi atrolineata* Bergroth (Hemiptera: Veliidae), *Mesovelia vittigera* Howarth (Hemiptera: Mesoveliidae), dan *Limnogonus fossarum* Fabricius (Hemiptera: Gerridae) digunakan untuk mengendalikan populasi telur, nimfa, dan dewasa dari wereng, (4). capung sebagai predator handal bagi semua stadia wereng, (5). banyak jenis tabuhan (Hymenoptera) dari familia Braconidae merupakan parasitoid dari berbagai serangga hama utama pada tanaman pangan, sayur-sayuran, hortikultura, buah-buahan, dan kehutanan.

Kelebihan dari penggunaan serangga entomopatogen sebagai pengendali serangga hama adalah: a). dapat berkesinambungan bila serangga-serangga tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Kesenambungan ini memberikan efek lanjutan, yaitu turunya biaya produksi akibat tidak ada lagi biaya untuk aplikasi insektisida; b). bila seluruh persyaratan dipenuhi, metode ini aman terhadap lingkungan; c). dapat meningkatkan nilai jual produk pertanian, dengan tingginya perhatian konsumen terhadap masalah lingkungan dan kesehatan. Walaupun demikian, terdapat efek negatif dari penggunaan serangga sebagai musuh alami, yaitu: a). efek negatif terhadap hewan-hewan asli atau lokal melalui kompetisi dan perkawinan silang; b). serangga-serangga ini dapat menjadi hama,

3. Serangga Pengurai Senyawa Organik

Peran serangga dalam proses dekomposisi sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas mereka. Banyak serangga menggunakan sampah-sampah organik sebagai sumber makanan, menggali tanah untuk membuat sarang, dan memindahkan sampah-sampah tersebut. Kegiatan serangga ini menghasilkan kotoran, meningkatkan jumlah pori-pori pada tanah yang berfungsi meningkatkan aliran udara pada tanah, meningkatkan daya tampung air, dan menyediakan habitat untuk sebagai tumbuh bagi jamur dan bakteri. Sehingga dapat dikatakan bahwa peran serangga pengurai sangat penting dalam menjaga kestabilan biologi di alam.

4. Serangga sebagai Makanan Manusia

Serangga seperti belalang, larva kumbang, ulat, larva semut, tawon dan lebah, rayap, dan berbagai serangga air secara tradisi memainkan peran penting sebagai makanan manusia. Beberapa contoh dari bangsa yang memanfaatkan serangga sebagai makanan, antara lain: (1). suku Aborigin yang mengonsumsi ngengat bogong (*Agrotis infusa*) dalam

jumlah besar antara bulan Desember sampai Februari, (2.) pada beberapa Negara di Afrika (Botswana, Afrika Selatan, Zaire, dan Zimbabwe) terdapat pasar yang cukup besar untuk ulat mopanie (*Gonimbrasia bellina*) yang dapat mengalahkan penjualan sapi pada saat musimnya, (3). serangga juga banyak dikonsumsi oleh banyak penduduk di berbagai negara di Asia, (4). di Meksiko, "gusanos de maguey" adalah sejenis ulat daun pohon "maguey" (*Aegiale hesperiaris*) yang banyak dijual segar di pasar. Pengolahannya digoreng sebelum dimakan bahkan ada yang dijual dalam kaleng, dan (5). di Indonesia banyak penduduk di beberapa daerah pulau Jawa gemar memakan "laron" yaitu serangga dewasa dari rayap yang banyak terbang pada malam hari di saat hujan selalu mendekati arah cahaya. Ada pula penduduk yang memakan ulat jati. Di daerah Gunung Kidul, masyarakat mengonsumsi belalang yang digoreng.

2.2.2 Serangga Merugikan

Pada awalnya efek dari serangga-serangga merugikan ini tidak terlalu besar. Akan tetapi dengan perkembangan dan pergerakan populasi manusia menyebabkan pengaruh dari serangga-serangga vektor penyakit menjadi semakin nyata. Pertanian dalam skala besar dan sistem tanam monokultur menyebabkan ledakan serangga hama dan penyakit tanaman yang ditularkan oleh serangga. Masalah ini semakin kompleks dengan peningkatan mobilitas manusia.

1. Serangga sebagai Hama Tanaman

Hampir seluruh tanaman yang dibudidayakan manusia juga dikonsumsi oleh serangga. Serangga-serangga tersebut dikelompokkan menjadi serangga herbivor atau serangga phytophagus. Kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga dalam bentuk serangan yang dilakukan oleh serangga dewasa maupun larva. Secara tidak langsung serangga juga dapat berperan sebagai vektor bagi banyak penyakit tanaman.

Tingkat kerusakan akibat serangan serangga tersebut dapat berupa penurunan hasil produksi sampai kematian dari tanaman tersebut.

Serangga dianggap sebagai hama ketika keberadaannya merugikan kesejahteraan manusia, estetika suatu produk, atau kehilangan hasil panen. Apabila pengertian hama itu hewan yang merugikan, maka serangga hama didefinisikan sebagai serangga yang mengganggu dan atau merusak tanaman baik secara ekonomis atau estetis. Jadi, permasalahan serangga di bidang pertanian tidak terlepas dari peran serangga sebagai hama. Serangga merupakan salah satu kelompok binatang yang merupakan hama utama bagi banyak jenis tanaman yang dibudidayakan manusia. Kerusakan tanaman oleh serangga dapat pula menyebabkan masuknya organisme patogen lain ke dalam tanaman. Diketahui terdapat sekitar 200 penyakit tanaman yang disebarkan oleh serangga vektor. Tiga cara penyakit tanaman masuk ke dalam tanaman, yaitu:

- a. Patogen secara tidak sengaja masuk melalui lubang bekas
masuknya telur atau bekas gigitan serangga pada jaringan tanaman. Berbagai jenis cendawan dan bakteri yang menyebabkan penyakit, dapat turut masuk ke jaringan tanaman.
- b. Patogen dapat ditransmisikan pada atau di dalam tubuh serangga, dari satu tanaman ke tanaman lainnya. Lalat lebah (familia Syrphidae) tidak sengaja mengambil spora patogen tanaman yang berada di udara dan menyebarkannya ke tanaman lainnya.
- c. Patogen dapat berada dalam tubuh serangga, baik dalam waktu singkat (nonpersisten atau semipersisten) atau dalam waktu lama (persisten atau sirkulatif). Serangga

menginokulasikan ke dalam tanaman pada saat menghisap cairan tanaman.

2. Serangga Hama Gudang

Setelah tanaman dipanen dalam jumlah banyak dan dikembangkan menjadi berbagai tipe produk, produk ini selanjutnya disimpan di gudang. Di gudang, produk-produk tidak luput dari serangan serangga hama, terutama kumbang (dewasa dan larva) dan Lepidoptera (hanya yang dewasa). Produk-produk yang sering diserang oleh serangga ini adalah makanan pokok dan produk turunannya, contohnya buncis, kacang, kacang polong, buah, daging, produk harian, kulit dan produk yang berasal dari wol. Selain itu, produk-produk yang berasal dari kayu sering kali diserang oleh rayap atau semut. Di Indonesia, hama gudang yang ditemukan, antara lain *Sithophilus oryzae* dan *Sitophilus zeamays* yang mengonsumsi beras dan jagung.

3. Serangga yang Menyerang Hewan Ternak

Serangga sering kali menginjeksikan senyawa kimia beracun (toksin) ke dalam tubuh hewan ternak. Toksin tersebut dapat menyebabkan iritasi, bengkak/bentol, pusing hingga paralisis. Pada umumnya serangga dapat menyerang hewan ternak dengan empat cara, yaitu: (a). serangga dapat langsung mengganggu; (b). serangga dapat menginjeksikan racun ("bisa") dengan gigitan atau tusukannya; (c). serangga hidup pada manusia atau hewan ternak sebagai parasit; (d). serangga dapat bertindak sebagai agensia vektor penyakit.

Pada ternak, serangga juga dapat hidup sebagai parasit sehingga menyebabkan iritasi. Kerusakan jaringan tubuh dapat menyebabkan kematian. Beberapa serangga juga dapat menjadi parasit ganda, seperti pada berbagai jenis kutu atau tungau sebagai ektoparasit pada mamalia dan burung, dengan memakan bulu, rambut, dan kulit bagian luar tubuh lainnya. Selain itu, lalat Tabanidae yang dikenal dengan nama

“screwworm fly” yang dapat “mengebor” kulit hewan ternak (seperti sapi, kuda, dan ayam) untuk meletakkan telurnya, kemudian telur berkembang menjadi larva di dalam tubuh hewan dan memakan jaringan tubuh hewan tersebut untuk perkembangan hidupnya

4. Serangga sebagai Vektor Penyakit pada Manusia

Serangga berperan sebagai agen yang menularkan penyakit ke manusia atau dikenal juga dengan istilah vektor. Serangga-serangga ini selanjutnya dapat dikelompokkan menjadi dua macam vektor, yaitu vektor mekanik dan vektor biologis. Pada vektor mekanik, serangga hanya berperan sebagai “pembawa” patogen ke sumber-sumber daya (umumnya makanan atau minuman) yang dikonsumsi oleh manusia. Contoh serangga yang berperan sebagai vektor mekanik adalah lalat yang membantu penyebaran patogen penyebab tifus, kolera, dan disentri. Sedangkan serangga yang tergolong sebagai vektor biologis adalah serangga yang membawa organisme patogen dan organisme tersebut menghabiskan sebagian masa hidupnya pada tubuh serangga tersebut. Serangga vektor biologis ini merupakan vektor penyakit yang sangat ditakuti, karena menularkan beberapa penyakit manusia. Di antara penyakit-penyakit tersebut terdapat penyakit yang memberikan efek besar pada peradaban manusia, seperti: Malaria, demam berdarah dan pes.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrazik, M. U., Jahidin, J., & Damhuri, D, 2017. Keanekaragaman Serangga (Insecta) Subkelas Pterygota Di Hutan Nanga-Nanga Papalia. *Jurnal Ampibi*, 2(1), 1–10.
- Altieri, M.A., & C.I. Nicholls, 2000. Applying agroecological concepts to development of ecologically based best management systems. Dalam *Proceedings of a Workshop "Professional societies and ecological based best management systems"*. PP. 14-19. Nat. Res. Council, Washington, DC.
- _____, 2004. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. Food Product Press. 236 p.
- Amir, M.W.A., Noerdjito, dan S. Kahono. 2003. Serangga Taman Nasional Gunung Halimun Jawa Bagian Barat. Biodiversity Conservation Project. Cibinong: BCP-JICA LIPI Cibinong.
- Astuti S, Untung K, Wagiman FX., 2009. Respons fungsional burung pentet (*Lanius* sp.) terhadap belalang kembara (*Locusta migratoria manilensis*). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 15:96-100.
- Borror, D. J., Charles, A. T., & Norman, F. J., 1998. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. 8th Ed. Terjemahan dari an *Introduction to Study of Insect* oleh Soetiyono Partosoedjono. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Dewi B, Hamidah A, Siburian J. 2016. Keanekaragaman dan kelimpahan jenis kupu-kupu (Lepidoptera; Rhopalocera) di sekitar Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. *Biospecies* 9(2):32-38.
- Freitas BM, Paxton RJ., 1996. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. *J Agric Sci* 126:319-326.
- Harper, D. and McCormack, D. 2012. Online Etymological Dictionary, LogoBee.com. Archived from the original on 11 January 2012. Retrieved 1 November 2011.

- Redak Richard, 2023. Forest Entomology and Pathology Volume 1: Entomology. Funded by the Canadian Forest Service and the Forestry and Agricultural Biotechnology Institute, University of Pretoria, South Africa.
- Shahabuddin, 2003. Pemanfaatan Serangga Sebagai Bioindikator Kesehatan Hutan. Pengantar Falsafah Sains (PPS702) Program Pascasarjana/S3 Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Shahabuddin, Hidayat, P., Nordjito, W. A., & Manuwoto, S. 2005. Research on insect biodiversity in Indonesia: Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) and its role in ecosystem. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 6(2), 141–146. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d060215>
- Southwood, T.R.E. & M.J. Way., 1970. Ecological background to pest management. Dalam *Concepts of Pest Management*, pp.7-13. R.L. Rabb & F.E. Guthrie, eds. North Carolina State University, Raleigh.
- Swift, M.S., J. Vandermer, P.S. Ramakrishnan, J.M. Anderson, C.K. Ong & B.A. Hawkins., 1996. Biodiversity and agroecosystem function, dalam *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. Ed. H.A. Mooney. John Wiley & Sons, New York. pp.261-298.
- Untung, K., 2010. Diktat dasar-dasar ilmu hama tanaman. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan UGM.
- Untung, K. dan M. Sudomo., 1997. Strategi pengelolaan serangga secara berkelanjutan. Prosiding Kongres Perhimpunan Entomologi Indonesia V dan Simposium Entomologi. PEI dan Univ Padjadjaran Bandung: 36-46.
- Rahayu GA., 2016. Keanekaragaman dan peranan fungsional serangga pada area reklamasi di berau, Kalimantan Timur [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Vu LV., 2009. Diversity and similarity of butterfly communities in five different habitat types at Tam Dao National Park, Vietnam. *Jurnal of Zoology*. 277(1):15-22

- Wahid MB, YPTan, SS Liao, Hj. Abd. Halim Hassan, My Hussein, MT H Dolmat, S Ismail, CC Tan, YT Quah, CT Ho, WI Ali., 1984. The population census and the pollination efficiency of the Weevil, *Eldeidobius kamerunicus* Faust in Peninsular Malaysia, 1983- A preliminary Report. IIK Symposium Impact of the pollinating Weevil on the Malaysian Oil Palm Industry. PORIM & MOPGC.
- Zhang, Z.-Q. 2011. 'Animal Biodiversity: An Outline of Higher-Level Classification and Survey of Taxonomic Richness'. Auckland, N. Z: Magnolia Press.

BAB 3

SERANGGA DAN PERUBAHAN IKLIM

Oleh Randi Syafutra

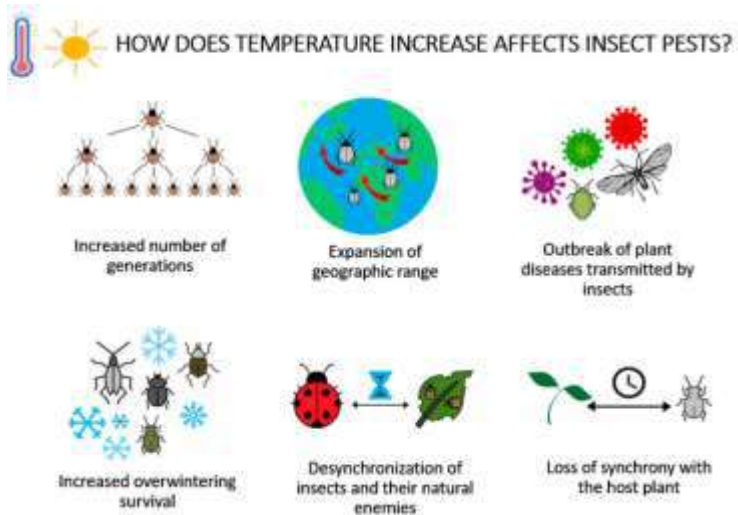
3.1 Pendahuluan

Perubahan iklim (*climate change*) menjadi kekhawatiran utama bagi pertanian di seluruh dunia dan merupakan salah satu isu paling dibahas dalam masyarakat saat ini. Salah satu faktor biotik utama yang dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan iklim adalah serangga. Bab ini membahas parameter iklim berupa peningkatan suhu, peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer, dan perubahan pola curah hujan yang mempengaruhi hama serangga sebagai pengganggu tanaman pertanian. Selain itu, bab ini juga membahas pengelolaan hama serangga di era perubahan iklim.

3.2 Peningkatan Suhu

Spesies yang tidak dapat beradaptasi dengan kondisi suhu meningkat akan mengalami kesulitan mempertahankan populasi mereka, begitu pula sebaliknya (Shrestha, 2019; Skendžić *et al.*, 2021). Serangga secara fisiologis sangat sensitif terhadap perubahan suhu, serta metabolisme mereka cenderung meningkat dua kali lipat dengan peningkatan suhu sekitar 10°C (Dukes *et al.*, 2009; Skendžić *et al.*, 2021; Subedi *et al.*, 2023). Banyak peneliti telah membuktikan bahwa peningkatan suhu mempengaruhi kesuburan, kelangsungan hidup, waktu generasi, ukuran populasi, dan jangkauan geografis serangga, sehingga berpengaruh pada dinamika populasi serangga itu sendiri (Bale *et al.*, 2002; Skendžić *et al.*, 2021).

Dinamika populasi serangga di masa depan dapat berubah, tergantung pada peningkatan suhu global di tahun-tahun mendatang. Model iklim memprediksikan bahwa suhu rerata dunia akan meningkat 1,8-4°C pada akhir abad 21 (Karl & Trenberth, 2003; Collins *et al.*, 2007; Skendžić *et al.*, 2021). Peningkatan suhu global tersebut membuat sekitar 15-37% dari 1100 spesies serangga berada di ambang kepunahan pada tahun 2050 (Thomas *et al.*, 2004; Skendžić *et al.*, 2021). Menurut Skendžić *et al.* (2021), peningkatan suhu berpengaruh dalam: (1) meningkatkan jumlah generasi hama serangga; (2) meningkatkan ekspansi jangkauan geografis hama serangga; (3) meningkatkan pewabahan penyakit tanaman yang ditransmisikan oleh hama serangga; (4) meningkatkan daya hidup hama serangga saat musim dingin (*increased overwintering survival*); (5) menghilangkan sinkronisasi antara hama serangga dan musuh alami mereka; serta (6) menghilangkan sinkronisasi antara hama serangga dan tanaman inang mereka (Gambar 1). Selain itu, Bale *et al.* (2002) dan Skendžić *et al.* (2021) menyatakan bahwa peningkatan suhu lebih dirasakan pengaruhnya oleh serangga yang hidup di atas tanah dibandingkan dengan serangga yang hidup di dalam tanah, karena tanah merupakan media isolasi termal yang dapat menekan peningkatan suhu dan mengurangi pengaruhnya.

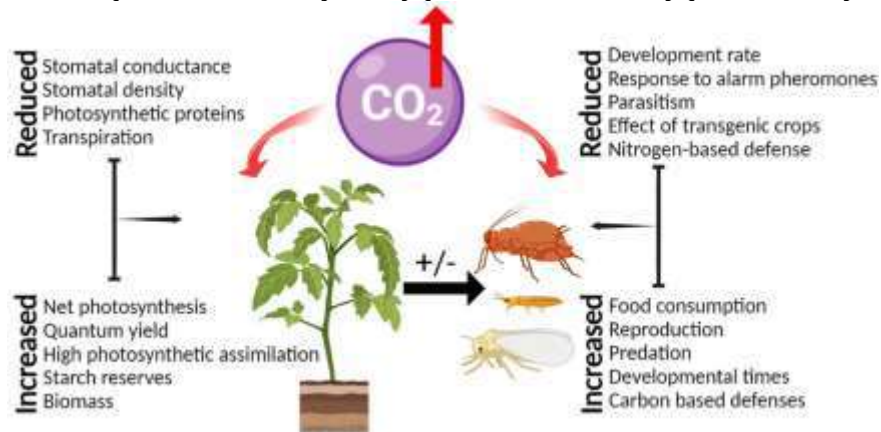


Gambar 3.1. Pengaruh peningkatan suhu terhadap hama serangga
(Sumber: Skendžić *et al.* (2021))

3.3 Peningkatan Konsentrasi CO₂ Atmosfer

Pengaruh peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer terhadap hama serangga sangat tergantung pada tanaman inang mereka. Peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer akan berpengaruh lebih besar pada tanaman C3 (gandum, beras, kapas, dan lain-lain) dibandingkan pada tanaman C4 (jagung, sorgum, dan lain-lain). Oleh karena itu, perbedaan pengaruh peningkatan CO₂ atmosfer pada tanaman C3 dan C4 dapat mengakibatkan efek asimetris pada herbivori, serta respon hama serangga yang memakan tanaman C4 mungkin berbeda dengan respon tanaman C3. Tanaman C3 cenderung mendapat pengaruh positif dari peningkatan CO₂ atmosfer dan mendapat pengaruh negatif dari respon hama serangga; sedangkan tanaman C4 kurang responsif terhadap peningkatan CO₂ atmosfer, sehingga kecil kemungkinan tanaman C4 terpengaruh oleh perubahan perilaku makan hama serangga (Lincoln *et al.*, 1984; Skendžić *et al.*, 2021).

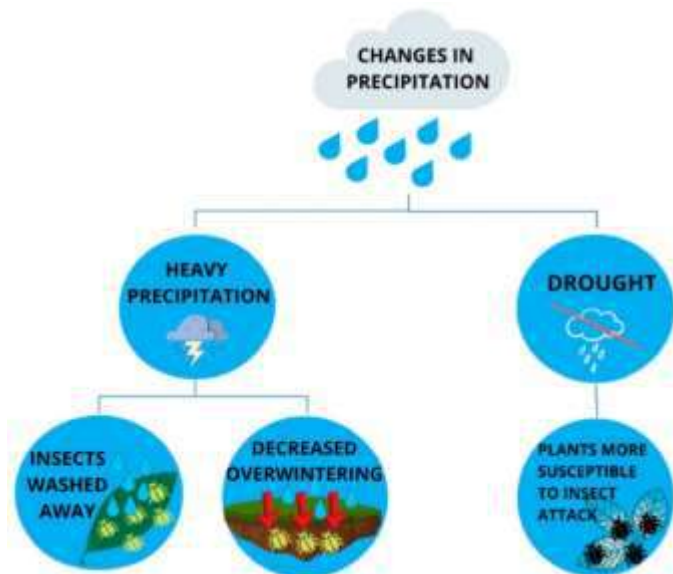
Menurut Subedi *et al.* (2023), peningkatan CO₂ atmosfer mempengaruhi tanaman dalam: (1) menurunkan konduktansi stomata (*stomatal conductance*), (2) mengurangi densitas stomata (*stomatal density*), (3) mengurangi protein fotosintesis, dan (4) menurunkan transpirasi, serta (5) meningkatkan fotosintesis bersih (*net photosynthesis*), (6) meningkatkan hasil kuantum (*quantum yield*), (7) meningkatkan asimilasi fotosintesis, (8) meningkatkan cadangan pati (*starch reserves*), dan (9) Meningkatkan biomasa. Sedangkan peningkatan CO₂ atmosfer mempengaruhi hama serangga dalam: (1) mengurangi tingkat perkembangan, (2) mengurangi respon feromon peringatan (*alarm pheromones*), (3) mengurangi parasitisme, (4) mengurangi pengaruh dari tanaman transgenik, (5) mengurangi pertahanan berbasis nitrogen (*nitrogen-based defenses*), serta (6) meningkatkan konsumsi makanan, (7) meningkatkan reproduksi, (8) meningkatkan predasi, (9) meningkatkan waktu perkembangan, dan (10) meningkatkan pertahanan berbasis karbon (*carbon-based defenses*) (Subedi *et al.*, 2023) (Gambar 3.2).



Gambar 3.2. Pengaruh peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer terhadap hama serangga
(Sumber: Subedi *et al.* (2023))

3.4 Perubahan Pola Curah Hujan

Perubahan jumlah, intensitas, dan frekuensi curah hujan merupakan indikator perubahan iklim yang sangat penting. Curah hujan yang bervariasi berdampak besar pada populasi serangga (Gambar 3.3) (Skendžić *et al.*, 2021).



Gambar 3.3. Pengaruh curah hujan tinggi dan kemarau terhadap hama serangga
(Sumber: Skendžić *et al.* (2021))

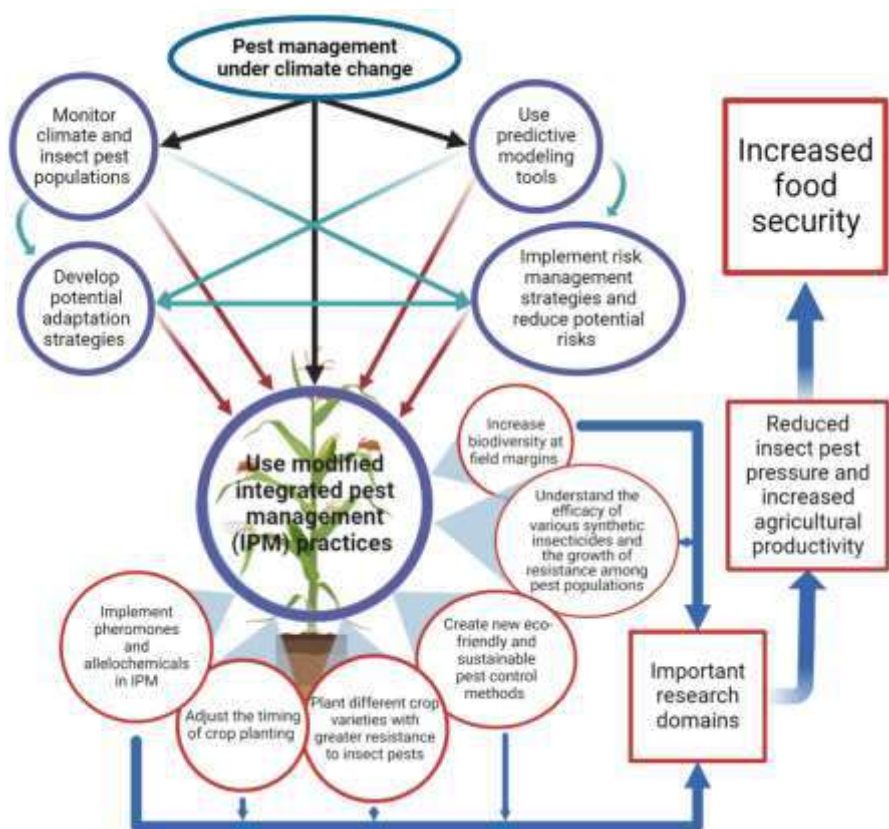
Curah hujan tinggi menyebabkan hujan lebat dan banjir yang dapat menyapu bersih telur dan larva serangga disekitarnya (Shrestha, 2019; Skendžić *et al.*, 2021), serta dapat menurunkan daya hidup hama serangga saat musim dingin (*decreased overwintering survival*) (Skendžić *et al.*, 2021). Sedangkan curah hujan rendah menyebabkan kemarau yang kondisi lingkungannya ideal bagi perkembangan dan pertumbuhan hama serangga. Selain

itu, kemarau menyebabkan tanaman mengalami cekaman kekeringan, sehingga membuat tanaman tersebut lebih rentan diserang oleh hama serangga (Yihdego *et al.*, 2019; Skendžić *et al.*, 2021).

3.5 Pengelolaan Hama Serangga di Era Perubahan Iklim

Pengelolaan hama serangga di era perubahan iklim dapat berjalan dengan baik, apabila strategi mitigasi dan adaptasi direalisasikan dalam bentuk: (1) praktik Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) yang dimodifikasi, (2) pemantauan iklim dan populasi hama serangga, (3) pengembangan strategi adaptasi potensial, (4) penggunaan alat pemodelan prediktif (*predictive modeling tools*), dan (5) penerapan strategi pengelolaan risiko dan pengurangan potensi risiko (Subedi *et al.*, 2023) (Gambar 4). Selain itu, apabila pengelolaan hama serangga di era perubahan iklim ini direalisasikan, maka dapat mengurangi tekanan dari hama serangga dan meningkatkan produktivitas pertanian. Pada akhirnya, peningkatan ketahanan pangan pun dapat terwujud (Subedi *et al.*, 2023).

Subedi *et al.* (2023) menyatakan bahwa PHT perlu dimodifikasi praktiknya, menyesuaikan dengan era perubahan iklim. Praktik PHT yang dimodifikasi ini direalisasikan dalam bentuk: (1) peningkatan keanekaragaman hayati di sekitar lahan pertanian, (2) pemahaman atas efikasi berbagai insektisida sintesis dan pertumbuhan resistensi di antara populasi hama, (3) penciptaan metode pengendalian hama baru yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, (4) penanaman varietas tanaman berbeda yang lebih tahan terhadap serangan hama serangga, (5) penyesuaian waktu penanaman tanaman, dan (6) penerapan feromon dan alelokimia di PHT.



Gambar 3.4. Pengelolaan hama serangga di era perubahan iklim
(Sumber: Subedi *et al.* (2023))

3.6 Penutup

Hama serangga pertanian menimbulkan ancaman yang signifikan bagi ketahanan pangan, terutama pada era perubahan iklim seperti saat ini. Pemahaman biologi dan perilaku hama serangga terhadap lingkungan sangatlah penting, karena perubahan iklim akan mempengaruhi hama serangga sebagai pengganggu tanaman pertanian. Pengelolaan hama serangga di era perubahan iklim ini harus segera diwujudkan, karena pengelolaan

tersebut dapat mengurangi tekanan dari hama serangga dan meningkatkan produktivitas pertanian. Sehingga, peningkatan ketahanan pangan pun dapat terwujud pada akhirnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bale, J.S., Masters, G.J., Hodkinson, I.D., Awmack, C., Bezemer, T.M., Brown, V.K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J.C., Farrar, J., Good, J.E.G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T.H., Lindroth, R.L., Press, M.C., Symrnioudis, I., Watt, A.D., Whittaker, J.B., 2002. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob Chang Biol* 8, 1–16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>
- Collins, W., Colman, R., Haywood, J., Manning, M.R., Mote, P., 2007. The physical science behind climate change. *Sci Am* 297, 64–73. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0807-64>
- Dukes, J.S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J.R., Rodgers, V.L., Brazee, N., Cooke, B., Theoharides, K.A., Stange, E.E., Harrington, R., Ehrenfeld, J., Gurevitch, J., Lerdau, M., Stinson, K., Wick, R., Ayres, M., 2009. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of Northeastern North America: What can we predict? This article is one of a selection of papers from NE Forests 2100: A Synthesis of Climate Change Impacts on Forests of the Northeastern US and Eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 39, 231–248. <https://doi.org/10.1139/X08-171>
- Karl, T.R., Trenberth, K.E., 2003. Modern global climate change. *Science* (1979) 302, 1719–1723. <https://doi.org/10.1126/science.1090228>
- Lincoln, D.E., Sionit, N., Strain, B.R., 1984. Growth and feeding response of *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to host plants grown in controlled carbon dioxide atmospheres. *Environ Entomol* 13, 1527–1530. <https://doi.org/10.1093/ee/13.6.1527>

- Shrestha, S., 2019. Effects of climate change in agricultural insect pest. *Acta Scientific Agriculture* 3, 74–80.
<https://doi.org/10.31080/ASAG.2019.03.0727>
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V., Lemić, D., 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects* 12, 1–31.
<https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Subedi, B., Poudel, A., Aryal, S., 2023. The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *J Agric Food Res* 14, 1–17.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100733>
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Townsend Peterson, A., Phillips, O.L., Williams, S.E., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145–148.
<https://doi.org/10.1038/nature02121>
- Yihdego, Y., Salem, H.S., Muhammed, H.H., 2019. Agricultural pest management policies during drought: case studies in Australia and the State of Palestine. *Nat Hazards Rev* 20.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000312](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000312)

BAB 4

EKOSISTIM SERANGGA

Oleh Sutiharni

4.1 Pengertian dan Definisi Ekosistem dalam Ilmu Ekologi

Ekosistem didefinisikan sebagai suatu satuan lingkungan yang melibatkan unsur-unsur biotik (jenis-jenis makhluk) dan faktor-faktor fisik (iklim, air, dan tanah) serta kimia (keasaman dan salinitas) yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Gatra yang dapat digunakan sebagai ciri keutuhan ekosistem adalah energetika (taraf trofi atau makanan, produsen, konsumen), pendauran hara (peran pelaksana taraf trofik), dan produktivitas (hasil keseluruhan sistem). Jika dilihat komponen biotanya, jenis yang dapat hidup dalam ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan jenis lain yang tinggal dalam ekosistem tersebut. Selain itu keberadaannya ditentukan juga oleh keseluruhan jenis dan faktor-faktor fisik serta kimia yang menyusun ekosistem tersebut.

Campbell (2004), menyatakan bahwa ekosistem meliputi semua organisme dalam suatu daerah tertentu dan faktor-faktor abiotik yang berinteraksi dengannya, atau suatu komunitas dengan lingkungan fisiknya. Ekosistem dapat dipahami dan dipelajari dalam berbagai ukuran, asalkan ada komponen pokok (biotik dan abiotik) yang bekerja bersamaan untuk mencapai semacam kemantapan fungsional. Menurut Reiniers (1986) dan Stilling (1998), berpendapat bahwa untuk pemahaman ekosistem hendaknya paling sedikit merupakan suatu tingkat organisasi ekologi. Kedua penulis tersebut menyarankan tentang kekurangan suatu sistem yang logis dari prinsip-prinsip yang berhubungan dan suatu pemahaman yang baik serta keluasaan fokus yang diterima.

Keuntungan yang paling besar dari ekologi ekosistem adalah aliran energi dan siklus nutrien, dimana komunitas dan populasi dapat diperbandingkan satu sama lain dan di dalam tingkatan trofik tertentu. Makhluk hidup dalam kehidupannya akan melakukan hubungan timbal balik dengan segala sesuatu pada lingkungan sekitarnya. Lingkungan tempat hidup makhluk hidup ini juga disebut habitat. Ada berbagai macam habitat tetapi pada dasarnya hanya dua, yaitu habitat akuatik (sungai, danau, dan laut), serta habitat terestrial atau daratan.

Ekosistem adalah suatu sistem yang terjadi akibat adanya interaksi antara faktor biotik dan abiotik (lingkungan) secara timbal balik (Odum, 1971). Ekosistem disusun atas komunitas yang berinteraksi dengan lingkungan fisiknya (abiotik) (Untung, 2006). Ekosistem dimaknai juga sebagai komunitas yang berinteraksi dengan komponen abiotik lingkungan, tersusun atas banyak unit atau komponen, yakni komunitas, guilds, spesies, populasi, individu (Price, 1997). *Komunitas* disusun oleh beberapa spesies makhluk hidup yang menempati satu tempat dan waktu yang sama, sedangkan *spesies* itu sendiri merupakan kumpulan populasi atau individu yang dapat melakukan kopulasi antar individu (interbreeding) dan mampu menghasilkan keturunan fertile dan terisolasi secara reproduksi dari spesies lainnya. *Guild* merupakan kumpulan spesies yang mengeksploitasi sumberdaya yang sama dengan cara yang sama, misalnya pemakan daun. *Populasi* merupakan kumpulan individu satu spesies yang menempati waktu dan ruang yang sama.

4.2 Komponen dan Struktur Ekosistem

Ekosistem merupakan suatu kesatuan dinamis yang terdiri atas komunitas berbagai spesies yang berinteraksi dengan lingkungannya baik biotik maupun abiotik. Faktor Biotik, merupakan bagian hidup dari lingkungan, termasuk semua organisme yang dapat berinteraksi satu sama lain. Makhluk hidup

sebagai komponen biotik terdiri dari (a). individu, (b). populasi dan (c). komunitas. Ada dua macam organisme hidup yang merupakan komponen biotik ekosistem. Kedua macam komponen biotik tersebut adalah (a) autotrofik dan (b) heterotrofik. Faktor abiotik merupakan komponen fisik atau bagian yang tidak hidup dari lingkungan. Kemampuan organisme untuk hidup dan berkembang biak tergantung pada faktor fisika dan kimia lingkungannya, terdiri dari (a). air, (b). tanah, (c). suhu, (d). cahaya, (e). udara, (f). tekanan udara, (g). topografi, dan (h). tekanan udara.

Secara struktural ekosistem mempunyai enam komponen sebagai berikut:

1. Bahan anorganik yang meliputi C, N, CO₂, H₂O, dan lain lain. Bahan-bahan ini akan mengalami daur ulang.
2. Bahan organik yang meliputi karbohidrat, lemak, protein, bahan humus, dan lain-lain. Bahan-bahan organik ini merupakan penghubung antara komponen biotik dan abiotik.
3. Kondisi iklim yang meliputi faktor-faktor iklim, misalnya angin, curah hujan, dan suhu.
4. Produsen adalah organisme-organisme autotrof, terutama tumbuhan berhijau daun (berklorofil). Organisme-organisme ini mampu hidup hanya dengan bahan anorganik, karena mampu menghasilkan energi makanan sendiri, misalnya dengan fotosintesis. Selain tumbuhan berklorofil, juga ada bakteri kemosintetik yang mampu menghasilkan energi kimia melalui reaksi kimia. Tetapi peranan bakteri kemosintetik ini tidak begitu besar jika dibandingkan dengan tumbuhan fotosintetik.
5. Makrokonsumen adalah organisme heterotrof, terutama hewan-hewan seperti kambing, ular, serangga, dan udang. Organisme ini hidupnya tergantung pada organisme lain, dan hidup dengan memakan materi organik.

6. Mikrokonsumen adalah organisme-organisme heterotrof, saprotrof, dan osmotrof, terutama bakteri dan fungi. Komponen ini yang memecah materi organik berupa sampah dan bangkai, menguraikannya sehingga terurai menjadi unsur-unsurnya (bahan anorganik), disebut sebagai organisme pengurai atau dekomposer.

Komponen-komponen 1, 2, dan 3, merupakan komponen abiotik/nonbiotik, atau komponen yang tidak hidup, sedangkan komponen-komponen 4, 5, 6, merupakan komponen yang hidup atau komponen biotik.

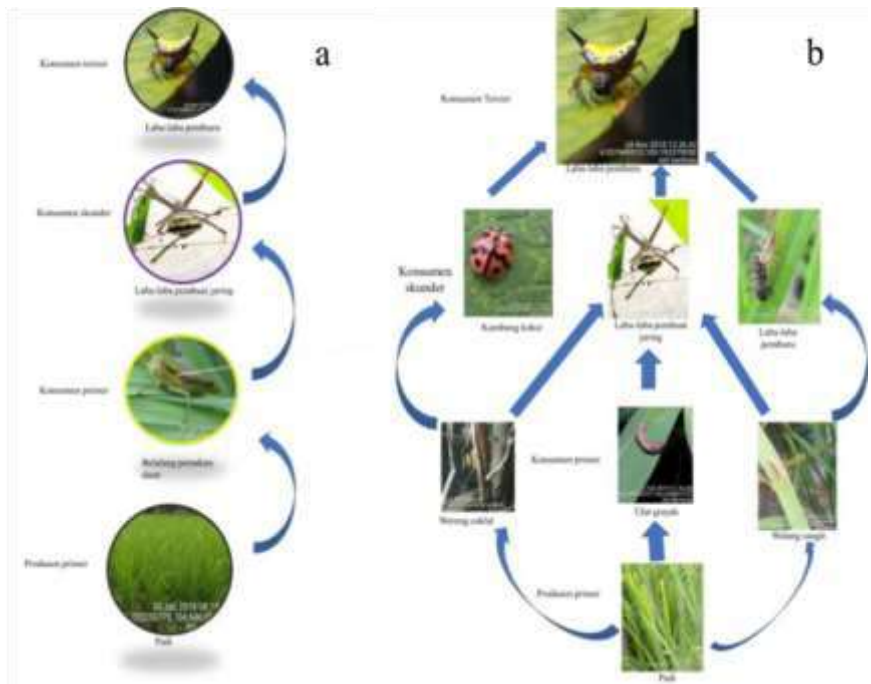
Secara fungsional ekosistem dapat dipelajari menurut enam proses yang berlangsung di dalamnya, yaitu: 1). Lintasan atau aliran energi, 2). Rantai makanan, 3). Pola keragaman berdasar waktu dan ruang, 4). Daur ulang (siklus) biogeokimiawi., 5). Perkembangan dan evolusi, 6). Pengendalian atau sibernetika.

4.3 Proses Ekosistem dalam Lingkup Ilmu Pertanian dan Ilmu Hama Tanaman

Hal yang penting dari konsep dan fungsi ekosistem adalah adanya interaksi antar komponen yang dalam ekologi makhluk hidup dikategorikan dengan cara mereka berinteraksi satu sama lain, yaitu autotrof, produsen, konsumen/heterotrofik (Price, 1997). Autotrof merupakan organisme yang memproduksi makanan sendiri dari sinar matahari dan air dan oksigen, misalnya tumbuhan yang memproduksi karbohidrat dari proses fotosintesis. Autotrof disebut juga produsen karena memproduksi makanan untuk kehidupan makhluk hidup lainnya. Konsumen atau heterotrofik merupakan organisme yang memakan autotrof atau produsen. Konsumen terbagi atas beberapa tingkat. Konsumen tingkat pertama adalah organisme yang memakan produsen, sedangkan konsumen tingkat kedua (skunder) adalah organisme yang memakan konsumen tingkat pertama. Konsumen tingkat

ketiga (tersier) adalah organisme yang memakan konsumen tingkat kedua dan seterusnya (Gambar 1).

Banyak komponen dan interaksi antar komponen membentuk proses-proses di ekosistem, namun bila disederhanakan proses-proses yang terjadi di ekosistem dapat dikelompokkan menjadi empat proses utama, yaitu 1) aliran energi (*energy flow*), 2) daur biogeokimiawi (*biogeochemical cycling*), 3) suksesi ekologi (*ecological succession*), 4) evolusi spesies (*the evolution of species*) (Price, 1997).



Gambar 4.1. Hubungan tingkat tropik di agroekosistem: rantai makanan (a) dan jarring makanan (b)(Herlinda, 2018)

Empat proses yang terjadi di ekosistem pertanian khususnya yang terkait dengan serangga dan faktor lingkungan fisiknya (tanah, air, hujan, kelembaban, suhu, pupuk, pestisida dan lain-lain) di ekosistem pertanian, antara lain:

1. Aliran Energi

Pada proses aliran energi ini adanya pengurangan energi yang berpindah dan masuk ke tingkat trofik di atasnya, sisanya berubah bentuk energi lainnya, misalnya berbentuk panas sehingga secara keseluruhan total energi dari matahari tersebut tidak mengalami pengurangan (Price, 1997). Selanjutnya diuraikan bahwa proses aliran energi di atas merupakan implimentasi dari Hukum Termodinamika pertama dan kedua. Proses aliran energi menggerakkan semua kehidupan di biosfir, dikendalikan oleh dua hukum termodinamika, yaitu yang pertama dan kedua. Hukum Termodinamika pertama berisi: “energi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk lainnya, tetapi energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan atau dihilangkan”. Hukum Termodinamika kedua, berisi “dalam proses pengubahan energi tersebut akan berjalan dari bentuk energi yang terkonsentrasi atau yang lebih terhambur”.

Aliran energi merupakan proses yang berjalan satu arah yang dimulai dengan energi matahari masuk ke ekosistem melalui tumbuhan dengan proses fotosintesisnya mengubah energi matahari menjadi karbohidrat. Tumbuhan memproduksi sendiri makanannya dari energi matahari sehingga disebut sebagai produsen, misalnya tanaman jagung. Selanjutnya energi dari tumbuhan tersebut berpindah ke pemakan tumbuhan (herbivora). Misalnya jagung dimakan larva *Spodoptera frugiperda* (Silva *et al.*, 2017). Pada perjalanan aliran energi kelompok serangan serangga hama tersebut mengalami tropik aliran makanan antara konsumen dan produsen (kelompok herbivora -> carnivora 1 -> carnivora

2). Akhirnya semua organisme baik produsen maupun konsumen pertama hingga terakhir yang sudah mati dihancurkan oleh organisme pengurai atau dekomposer yang pada setiap tahap pengalihan atau perpindahan energi maka dikeluarkan energi dalam bentuk panas (Untung, 2006). Lebih lanjut penulis ini menjelaskan bahwa arah aliran energi pada rantai makanan memperlihatkan hanya satu arah menuju ke tingkat trofik di atasnya. Namun, realitanya di alam setiap spesies tumbuhan atau hewan dapat dimakan atau diparasit oleh beberapa spesies makhluk hidup lainnya di tingkat trofik di atasnya. Adanya hubungan yang lebih dari satu rantai ke tingkat tropik di atasnya membentuk jaring atau jala makanan. Semakin rumit atau semakin banyak rantai menuju ke tingkat trofik di atasnya, maka proses aliran energi terus berjalan dan tidak terputus sehingga ekosistem menjadi stabil karena tidak adanya dominasi salah satu komponen tingkat trofik.

2. Siklus Biogeokimia

Pada proses siklus biogeokimia, bila senyawa kimia tidak dapat diuraikan (persisten) masuk ke tubuh makhluk hidup, maka semakin tinggi tingkat trofik semakin tinggi pula konsentrasi tumpukan residu senyawa kimia tersebut. Adanya penumpukan senyawa kimia yang persisten pada tubuh makhluk hidup di setiap tingkat trofik atau pada komponen-komponen di rantai makanan atau jaring makanan disebut sebagai perbesaran hayati/biologi atau magnifikasi biologi atau biomagnifikasi (Price, 1997; Untung, 2006). Siklus biogeokimiawi umumnya memiliki ciri khas sebagai berikut: 1). terjadinya pergerakan senyawa kimia atau unsur hara dari lingkungan/ekosistem menuju ke organisme, dan kemudian kembali ke lingkungan, 2). keikutsertaan berbagai organisme baik tumbuhan dan binatang, terutama jasad-jasad renik, 3). adanya persediaan geologi, yaitu atmosfer atau litosfir, dan 4).

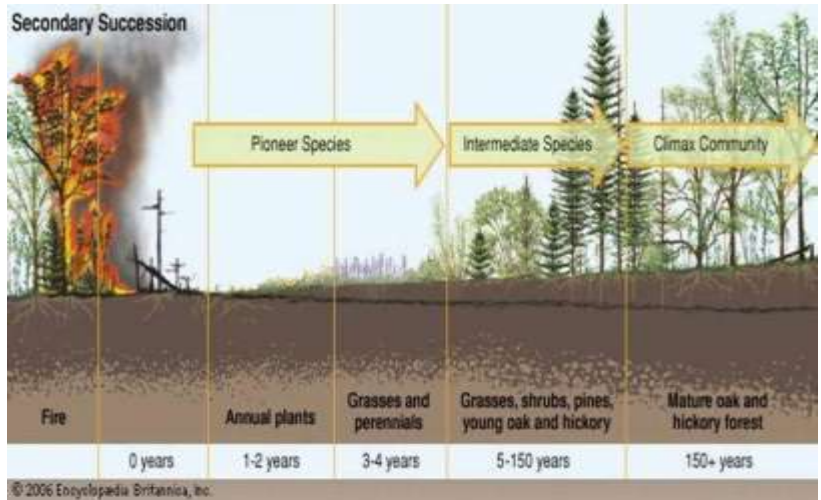
terjadinya berbagai perubahan kimiawi (Untung, 2006). Contoh kasus biomagnifikasi pada siklus biogeokimia terjadi pada ekosistem yang diaplikasikan insektisida DDT (*dichloro diphenyl trichloroethane*), seperti yang diuraikan oleh Price (1997).

Insektisida DDT yang sangat persisten diaplikasikan di ekosistem pantai untuk mengendalikan serangga, misalnya nyamuk di pinggir pantai, lalu residu DDT dari penyemprotan nyamuk tersebut mengalir menuju pantai masuk ke tubuh plankton, kemudian plankton dimakan oleh ikan kecil, lalu ikan kecil dimakan oleh tingkat trofik atasnya, yaitu ikan berukuran sedang. Di dalam tubuh ikan berukuran sedang ini residu DDT akan menumpuk sebanyak jumlah residu yang berasal dari ikan berukuran kecil yang dia makan tadi, selanjutnya ikan berukuran sedang dapat dimangsa oleh tingkat trofik di atasnya, yaitu ikan berukuran besar. Residu DDT di ikan berukuran besar ini semakin bertambah dengan konsentrasi sebanyak jumlah residu di dalam tubuh ikan ukuran sedang yang dimakannya. Bila ikan berukuran besar ini dimakan oleh burung, maka penumpukan residu DDT paling tinggi ditemukan pada tubuh burung yang merupakan tingkat trofik yang paling tinggi di rantai makanan tersebut.

3. Suksesi Ekologi

Terdapat dua tipe suksesi ekologi, yaitu suksesi primer dan sekunder. Suksesi primer adalah suksesi yang terjadi di lokasi tanah yang dimulai dengan ketiadaan makhluk hidup di lokasi tersebut akibat bencana alam seperti adanya aliran lava panas dari gunung meletus yang mematikan semua makhluk hidup yang di aliran yang lava tersebut lalui, suksesi primer ini dapat juga terjadi dibukit pasir yang baru terbentuk, atau bebatuan yang tertinggal dari gletser yang menyusut. Suksesi sekunder terjadi di suatu ekosistem sebelumnya pernah dihuni

oleh komunitas yang berinteraksi dengan lingkungannya, lalu ekosistem tersebut dimusnahkan atau dihilangkan tapi masih menyisakan sebagian kecil makhluk hidup dan nutrisi di lingkungannya (Thompson, 2021).



Gambar 4.2. Tahapan proses terjadinya suksesi ekologi (Thompson, 2021).

Suksesi ekologis atau tahap pionir (*species pioneer*) dimulai dari satu spesies yang dominan yang menempati suatu lahan, lalu spesies tersebut terus berkembang dan mengubah stratifikasi ekosistem dan kondisi tanah, lalu pelan-pelan terjadi persaingan sehingga spesies yang dapat beradaptasi dapat bertahan dan spesies-spesies baru menggantikan posisi spesies sebelumnya atau spesies tersebut hidup berdampingan, kemudian spesies tumbuhan yang baru mengundang kehadiran hewan herbivora dan karnivora yang baru juga sehingga mulai memasuki tahapan spesies menengah (Untung, 2006). Proses penambahan spesies tersebut berjalan secara

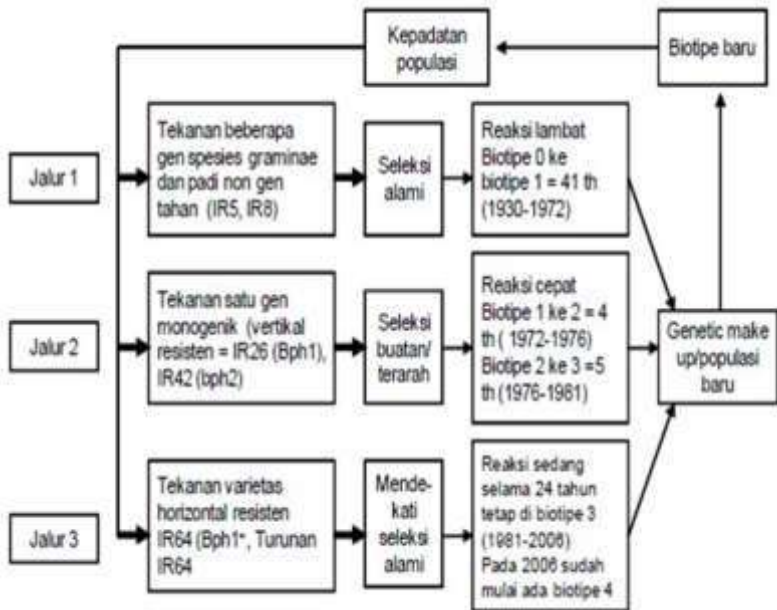
terus menerus sehingga struktur komunitas ekosistem menjadi semakin kompleks dan stabil pada tahap akhir disebut tahap klimaks (Price, 1997). Secara garis besar tahapan dalam suksesi dimulai dari terbentuknya spesies pioner, yang mengundang kehadiran spesies menengah, dan setelah semakin banyaknya spesies menengah lama-kelamaan tidak terjadi lagi penambahan spesies makhluk hidup lagi di ekosistem tersebut karena telah mencapai komunitas klimaks (Thompson, 2021), disajikan pada Gambar 4.2.

Pada ekosistem pertanian yang memiliki komunitas dengan penghuninya semakin kompleks, maka ekosistem tersebut semakin stabil (Herlinda, 2018). Pada ekosistem pertanian yang memiliki keanekaragaman spesies tumbuhan yang tinggi menyebabkan semakin banyaknya spesies arthropoda yang berasosiasi dengan tanaman utama. Misalnya, pada padi di pematang sawah ditanami spesies sayuran dan spesies tanaman hias berbunga menyebabkan kelimpahan artropoda predator lebih berlimpah dan serangga fitofag lebih sangat rendah (Herlinda *et al.*, 2019; Karenina *et al.*, 2019). Penanaman sayuran di pematang sawah selain dapat menjaga kerja layanan yang dilakukan oleh komponen ekosistem juga dapat meningkatkan produktivitas lahan (Karenina *et al.*, 2019).

4. Evolusi Serangga

Keberhasilan dari perubahan-perubahan dalam evolusi tersebut disebabkan adanya tiga faktor utama, yaitu 1). keanekaragaman genetik yang dimiliki spesies, 2). spesies mengalami reproduksi secara seksual, 3). adanya seleksi oleh lingkungan terhadap genetik spesies tersebut, sedangkan evolusi itu sendiri ditentukan oleh dua faktor, yaitu keanekaragaman genetik dalam satu spesies dan adanya seleksi lingkungan (Price, 1997). Pada serangga, proses evolusi yang

paling mudah dapat terlihat adalah terbentuknya populasi serangga yang resisten terhadap insektisida sintetik dan terbentuknya biotipe wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) akibat penanaman terus menerus satu varietas unggul tahan wereng (VUTW) selama puluhan musim.



Gambar 4.3. Mekanisme terbentuknya biotipe baru wereng batang coklat (Baehaki, 2012)

Resistensi serangga terhadap insektisida sintetik itu disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu tingginya keanekaragaman genetik yang dimiliki oleh serangga dan seleksi yang keras dan masif melalui penyemprotan insektisida sintetik terus menerus dan terjadwal. Satu varietas yang ditanam terus menerus selama puluhan musim dapat menjadi penyeleksi, genetik

yang lama mati, sedangkan individu yang genetik yang kuat mampu menghabiskan varietas unggul tersebut.

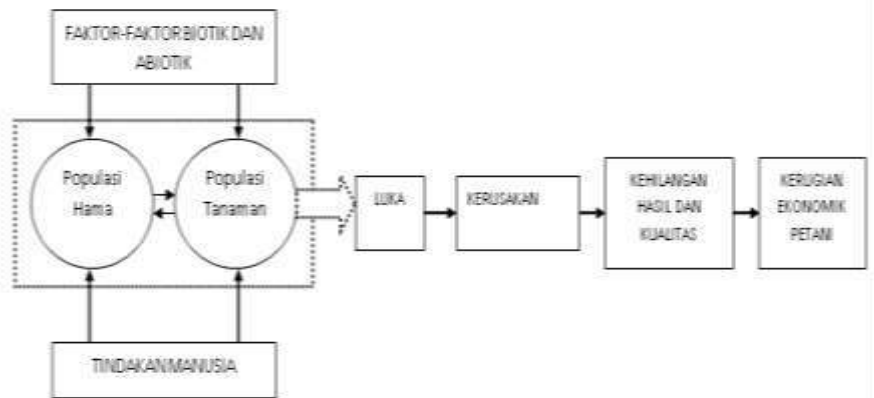
Mekanisme resistensi serangga (Gambar 4.3.) terhadap insektisida sintetik disebabkan adanya keanekaragaman genetik pada individu dalam suatu populasi dan seleksi terhadap individu-individu tersebut oleh insektisida yang disemprotkan ke mereka. Keanekaragaman genetik tersebut misalnya, ada individu-individu yang memiliki enzim mampu mendetoksifikasi racun tinggi, ada yang kemampuannya sedang, dan ada yang lemah. Saat disemprotkan racun pada beberapa musim tanam individu-individu yang memiliki enzim yang mampu mendetoksifikasi racun dari insektisida sintetik tersebut tetap bertahan tidak mati oleh insektisida, lalu serangga tersebut berkembang biak generasi berikutnya yang memiliki kemampuan mendetoksifikasi dari racun insektisida sintetik sehingga musim-musim tanam berikutnya telah terbentuk individu populasi serangga yang tahan atau resisten terhadap racun dari insektisida tersebut.

4.3 Interaksi Tanaman dan Serangga Hama

Hasil interaksi antara populasi hama dan tanaman mengakibatkan luka pada tanaman, luka mengakibatkan kerusakan dan kerusakan tanaman karena hama menyebabkan terjadinya kehilangan atau penurunan hasil tanaman dan kualitas produk/hasil. Kehilangan hasil dapat berakibat pada kerugian ekonomi (biaya lebih besar daripada nilai produksi) yang dialami petani atau pengusaha pertanian. Hasil interaksi populasi hama dan populasi tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor biotik lainnya dan faktor-faktor abiotik dan terutama oleh tindakan manusia terhadap ekosistem

Interaksi antara tanaman dan hama dapat dilihat dari aspek Ekonomis dan Ekologis. Aspek ekonomis yaitu adanya populasi serangga/hama di suatu tanaman akan menimbulkan Luka (*"injury"*) pada tanaman. Luka adalah setiap bentuk penyimpangan

fisiologis tanaman sebagai akibat aktivitas serangga hama yang hidup, berada dan makan pada tanaman tersebut. Luka tanaman dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan (“damage”). Kerusakan adalah kehilangan hasil yang dirasakan oleh tanaman (petani) akibat adanya populasi hama atau serangan hama antara lain dalam bentuk penurunan kuantitas dan kualitas hasil. Pengertian dan istilah luka lebih terpusat pada hama dan aktivitasnya, sedangkan kerusakan lebih terpusat pada tanaman dan respon tanaman terhadap pelukaan oleh hama.



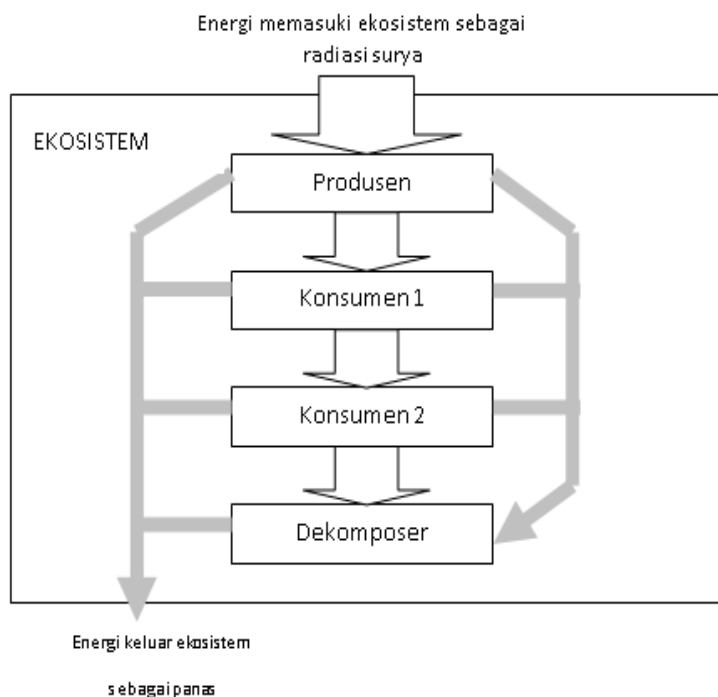
Gambar 4.4. Interaksi antara Populasi Hama dan Tanaman (Untung, 2010)

Istilah-istilah lain berkaitan dengan hama dan tanaman yang saat ini digunakan dalam kegiatan pengamatan yang dilakukan di lapangan, antara lain:

1. Tanaman terserang adalah tanaman yang digunakan sebagai tempat hidup dan berkembang biak OPT dan atau mengalami kerusakan karena serangan OPT pada tingkat populasi OPT atau intensitas kerusakan tertentu sesuai dengan jenis OPT nya

2. Luas serangan: adalah luas tanaman terserang yang dinyatakan dalam hektar atau rumpun atau pohon
3. Intensitas serangan: adalah derajat serangan OPT atau derajat kerusakan tanaman yang disebabkan oleh OPT yang dinyatakan secara kuantitatif dan kualitatif. Intensitas serangan secara kuantitatif dinyatakan dalam % (persen) bagian tanaman/tanaman atau persen kelompok tanaman terserang. Intensitas serangan secara kualitatif dibagi menjadi 4 kategori serangan yaitu: ringan, sedang, berat dan puso.

Aspek ekologi hubungan antara tanaman dan hama merupakan interaksi yang saling mengendalikan antara tanaman yang autotroph dengan binatang Herbivora yang heterotroph dalam suatu sistem trofi yang berjalan secara efisien dan berkesinambungan. Karena kemampuannya mengubah energi surya menjadi energi biokimia melalui proses fotosintesis tanaman menempati aras trofi pertama sebagai produsen. Energi pada tanaman digunakan oleh binatang yang memakan tanaman (Herbivora) yang menempati aras trofi kedua sebagai Konsumen Pertama. Binatang karnivora memperoleh energinya dengan memangsa herbivora sehingga menempati aras trofi ketiga sebagai Konsumen Kedua, demikian seterusnya. Aliran energi di ekosistem melalui sistem trofi dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Aliran Energi dalam Ekosistem melalui Sistem Trofi. (Untung, 2010)

DAFTAR PUSTAKA

- Baehaki, S. E. 2012. 'Perkembangan biotipe hama wereng coklat pada tanaman padi', *Iptek Tanaman Pangan*, 7(1), pp. 8–17.
- Campbell, Neil A., 2004. *Biologi*. Edisi Kelima Jilid 3. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Herlinda, S. 2018. 'Pendekatan ekologi lanskap dalam pengendalian serangga hama', in *Prosiding Seminar Nasional PEI Cabang Palembang 2018*, pp. 132–143.
- Herlinda Siti, Stenia Ruski Yusticia, Chandra Irsan, Buyung Asmara Ratna Hadi, Benyamin Lakitan, Marieska Verawaty, Hasbi, 2019. Abundance of arthropods inhabiting canopy of rice cultivated using different planting methods and varieties. *J. Biopest*, 12(1), pp. 7–18.
- Karenina, T., Siti Herlinda, Chandra Irsan, Yulia Pujiastuti, 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), pp. 2375–2387.
- Odum, E. P., 1971. *Fundamentals of Ecology*. Third Edit. Philadelphia: W.B. Saunders Company
- Price, P. W., 1997. 'Insect Ecology'. USA: John Wiley & Sons, Inc
- Reiners William A, 1986. *Complementary Models for Ecosystems*. *The American Naturalist* 127(1):59-73.
https://www.researchgate.net/publication/216813979_Complementary_Models_for_Ecosystems#fullTextFileContent
- Silva, D. M. da *et al.*, 2017. 'Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources', *Scientia Agricola*, 74(February), pp. 18–31.
- Stilling. P.D., 1998. *Ecology: Theory and Application*. New Jersey: Prentice Hall International Inc.

- Thompson, J. N. 2021. Encyclopedia Britannica, 2021. Available at:
<https://www.britannica.com/science/ecological-succession>.
- Untung, K. 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu (Edisi Kedua). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Untung, K., 2010. Diktat dasar-dasar ilmu hama tanaman. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan UGM.

BAB 5

PERANAN FAKTOR MAKANAN DALAM KEHIDUPAN SERANGGA

Oleh Araz Meilin

5.1 Pendahuluan

Serangga sebagai salah satu kelompok hewan paling beragam dan melimpah di Bumi, memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan memainkan fungsi ekologis yang sangat vital. Faktor makanan merupakan salah satu elemen utama yang memengaruhi kehidupan dan kelangsungan hidup serangga. Makanan tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi serangga, tetapi juga memiliki dampak signifikan terhadap aspek pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi serangga.

Setiap spesies serangga memiliki pola makan yang khas dan makanan yang berbeda-beda. Faktor makanan menjadi faktor kunci yang membatasi distribusi, kelimpahan, dan interaksi serangga dalam suatu ekosistem. Berbagai jenis makanan yang dikonsumsi oleh serangga meliputi bahan tumbuhan, bahan hewani, dan kombinasi unik di antaranya. Sebagai contoh, beberapa serangga adalah pemakan tumbuhan, seperti ulat yang mengkonsumsi daun, sementara yang lain adalah pemakan daging bangkai, seperti lalat dan kumbang.

Peran faktor makanan dalam kehidupan serangga sangat kompleks. Makanan bagi serangga bukan hanya sebagai sumber energi yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi pertumbuhan, pemeliharaan jaringan dan reproduksi (Stéphane Kraus *et al.* 2019), tetapi juga merupakan sumber nutrisi dan kunci dalam mengatur perkembangan metamorfosis serangga. Pada fase

larva, serangga sangat membutuhkan nutrisi untuk mengalami pertumbuhan yang cepat dan menghasilkan jaringan tubuh baru. Pada fase pupa dan dewasa, makanan tetap penting untuk memelihara fungsi tubuh dan mendukung aktivitas reproduksi. Selain itu, kualitas dan kuantitas makanan juga berpengaruh terhadap reproduksi serangga. Ketersediaan makanan yang cukup dan berkualitas dapat meningkatkan produksi telur, jumlah keturunan yang sehat, dan tingkat kelangsungan hidup keturunan. Faktor makanan juga dapat memengaruhi perilaku reproduksi, seperti pola kawin dan penempatan telur.

Selain peran internalnya, faktor makanan juga memiliki dampak ekologis yang signifikan. Banyak serangga, seperti lebah dan kupu-kupu, berperan sebagai penyerbuk, memastikan proses reproduksi tanaman berlangsung dengan baik. Tanaman yang berbuah, bunga yang berwarna, dan ragam tumbuhan lainnya adalah hasil dari interaksi antara serangga penyerbuk dan tumbuhan.

Saat ini perubahan lingkungan yang terjadi akibat aktivitas manusia dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas makanan bagi serangga. Penggunaan pestisida, deforestasi, polusi, dan perubahan iklim dapat mengganggu sumber daya makanan alami serangga. Akibatnya, populasi serangga dapat terancam, mengancam ekosistem yang bergantung pada peran mereka. Dalam konteks pentingnya keberlanjutan ekosistem dan keseimbangan alam, memahami peranan faktor makanan dalam kehidupan serangga adalah langkah penting. Secara keseluruhan, faktor makanan memiliki peran penting dalam kehidupan serangga. Makanan yang cukup, berkualitas, dan sesuai dengan kebutuhan nutrisi serangga dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi. Dalam upaya menjaga keberlanjutan populasi serangga, penting untuk mempertimbangkan faktor makanan sebagai salah satu aspek yang perlu diperhatikan. Dalam bagian ini, akan membahas peran

faktor makanan dalam mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan reproduksi serangga.

5.2 Jenis-jenis Makanan Serangga

Serangga memiliki pola makan yang sangat bervariasi, mencakup berbagai jenis makanan yang mencerminkan adaptasi dan peran ekologis mereka dalam ekosistem. Makanan yang dikonsumsi oleh serangga dapat dibagi menjadi beberapa kategori utama, termasuk bahan tumbuhan, bahan hewani, dan sumber makanan unik. Berikut adalah pemaparan mengenai beragam jenis makanan yang dikonsumsi oleh serangga.

5.2.1 Bahan Tumbuhan

Banyak spesies serangga merupakan herbivora, yang mengkonsumsi berbagai bagian tumbuhan sebagai sumber makanan utama. Beberapa contoh bahan tumbuhan yang dikonsumsi oleh serangga meliputi:

1. Daun: Banyak serangga makan daun sebagai sumber utama nutrisi. Mereka memiliki adaptasi seperti mulut mengunyah untuk menggigit dan mengunyah daun.
2. Batang: Beberapa serangga mengunyah batang tumbuhan, seperti kumbang kayu yang menghuni dalam pohon.
3. Bunga: Serangga penyerbuk, seperti lebah dan kupu-kupu, mengumpulkan nektar dan serbuk sari dari bunga sebagai sumber makanan.
4. Buah: Beberapa serangga makan buah untuk mendapatkan nutrisi dan energi serta juga dapat membantu dalam penyebaran biji tumbuhan.

Serangga berperan penting dalam rantai makanan dengan menjadi sumber makanan bagi pemangsa yang lebih tinggi. Contoh serangga herbivora termasuk ulat, belalang, kutu daun, dan capung kumbang.

5.2.2 Bahan Hewani

Beberapa serangga adalah pemangsa atau karnivora yang memburu hewan lain sebagai sumber utama makanan. Contoh makanan hewani yang dikonsumsi oleh serangga meliputi:

1. Serangga Lain: Kumbang karnivora dan laba-laba adalah contoh serangga yang memakan serangga lain sebagai sumber protein. Serangga karnivora dapat berperan sebagai predator yang membantu mengendalikan populasi hewan lain yang dapat menjadi hama.
2. Madu dan Nektar: Serangga nektivora adalah pemakan nektar, cairan manis yang dihasilkan oleh bunga. Mereka memiliki peran penting sebagai penyerbuk tanaman, karena saat mengunjungi bunga untuk mencari nektar, mereka tanpa disadari membantu dalam proses penyerbukan silang. Lebah, kupu-kupu, dan beberapa jenis kumbang adalah contoh serangga nektivora.
3. Daging Bangkai: Beberapa serangga, seperti lalat bangkai, memakan bangkai hewan yang sudah mati. Serangga saprofag dikenal juga sebagai detrivora adalah pemakan bangkai yang memainkan peran penting dalam proses dekomposisi, menguraikan bahan-bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Jadi, serangga memainkan peran krusial dalam menjaga lingkungan tetap bersih dan mendaur ulang materi organik. Serangga ini membantu dalam daur ulang materi organik, mengubah sisa-sisa organisme menjadi nutrisi yang dapat digunakan oleh ekosistem. Lalat, kumbang, dan belalang adalah beberapa contoh serangga saprofag/detrivora.

5.2.3 Sumber Makanan Unik

Beberapa serangga memiliki sumber makanan yang lebih spesifik dan unik, tergantung pada adaptasi yang mereka miliki:

1. Folivora: Serangga ini khusus makan daun dan mengandalkan mikroorganisme dalam tubuh mereka untuk mencerna serat tumbuhan.
2. Xilofaga: Serangga ini makan kayu dan memiliki adaptasi khusus dalam sistem pencernaan mereka untuk mencerna selulosa yang sulit dicerna.
3. Mirmekofaga: Ada serangga yang memiliki hubungan simbiosis dengan semut, seperti belalang semut, yang hidup dengan memakan sisa makanan semut.
4. Hematofag (Pemakan Darah): Beberapa serangga memiliki kebiasaan mengonsumsi darah dari makhluk hidup lain atau darah vertebrata. Misalnya, nyamuk betina mengambil darah sebagai sumber protein yang diperlukan untuk perkembangan telur. Lalat tsetse adalah contoh lain yang mengonsumsi darah vertebrata dan berperan dalam penyebaran penyakit.
5. Mycetophaga (Pemakan Jamur): Serangga mycetophaga adalah serangga yang mengonsumsi jamur. Mereka sering ditemukan hidup bersama jamur dan memakan struktur jamur atau spora. Kumbang kayu rayap adalah contoh klasik serangga mycetophaga.
6. Koinofag: Beberapa serangga, seperti kupu-kupu ekor golongan Swallowtail, mengonsumsi zat yang mengandung racun, seperti alkaloid, dari tumbuhan inangnya. Mereka mengumpulkan dan menyimpan racun ini dalam tubuh mereka sebagai pertahanan terhadap pemangsa.

Keanekaragaman makanan yang dikonsumsi oleh serangga memberikan kontribusi penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan ekologi seluruh dunia. Mereka memainkan peran

penting dalam rantai makanan, berkontribusi pada reproduksi tanaman, mengendalikan populasi hama, dan membantu dalam proses pengurai. Kehadiran berbagai jenis makanan yang dikonsumsi oleh serangga juga mencerminkan adaptasi mereka terhadap lingkungan yang berbeda dan peran ekologis yang beragam.

5.3 Kebutuhan Nutrisi Untuk Kehidupan Serangga

Kebutuhan nutrisi serangga untuk pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi adalah aspek krusial dalam memahami bagaimana faktor makanan memengaruhi siklus hidup dan kelangsungan populasi serangga. Nutrisi yang diperoleh dari makanan memiliki dampak yang mendalam pada pertumbuhan dan perkembangan fisik, reproduksi, serta kualitas dan kuantitas keturunan serangga.

Tabel 5.1. Nutrisi minimal yang terbukti berguna atau penting bagi serangga

Protein	Lipida	Karbohidrat	Vitamin	Mineral
Polipectida	Sterol	Heksosa	Water soluble vitamin	Kalsium
Glikoprotein	Kolesterol	Glukosa	Asam Askorbat	Klorin
Lipoprotein	B-Sitosterol	Fruktosa	Tiamin	Tembaga
Asam amino esensial	Stigmasterol	Disakarida	Riboflavin	Besi
Arginin	Kampesterol	Sukrosa	Piridoksin	Magnesium
Histidin	24-Metil kolesterol	Polisakarida	Asam Nikotinik	Mangan
Isoleusin	Fosfolipida	Pati	Asam Panthotenik	Fosfor
Leusin	Asam lemak	Glikogen	Biotin	Kalium
Lysin	Asam Linoleat	Selulosa	Asam folat	Natrium
Metionin			Kolin	Belerang
Fenilalanin			Sianokobalamin	Seng

Protein	Lipida	Karbohidrat	Vitamin	Mineral
Threonin			Inositol	
Triptofan			Lipid soluble vitamin	
Valin			Tokoferol	
			Vitamin A	

Sumber: Stéphane Kraus *et al.* (2019); Cohen (2015)

5.3.1 Pertumbuhan Serangga

Pertumbuhan serangga melibatkan peningkatan ukuran tubuh dan struktur tubuh yang lebih kompleks seiring berjalannya waktu. Nutrisi yang cukup dan berkualitas sangat penting dalam mendukung pertumbuhan ini. Nutrisi yang diperoleh dari makanan, seperti protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral, digunakan untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh, termasuk kulit luar yang melindungi tubuh serangga. Protein adalah komponen utama dalam pembentukan otot dan jaringan lainnya, sedangkan karbohidrat dan lemak menyediakan energi untuk proses metabolisme dan aktivitas fisik.

Selain itu, pertumbuhan serangga melibatkan proses pergantian kulit atau molting. Selama tahap molting, serangga harus memecahkan kulit luar yang keras untuk memungkinkan pertumbuhan tubuh yang lebih besar. Nutrisi yang cukup dan seimbang dibutuhkan untuk memastikan bahwa serangga memiliki energi dan bahan-bahan yang diperlukan untuk melalui tahap molting ini dengan sukses.

Keterkaitan antara jumlah dan jenis makanan dengan kecepatan pertumbuhan dan ukuran tubuh serangga sangat penting dalam memahami bagaimana faktor makanan memengaruhi perkembangan dan karakteristik fisik serangga. Berikut adalah penjelasan mengenai keterkaitan ini:

1. Jumlah Makanan dan Kecepatan Pertumbuhan:

Ketersediaan makanan yang mencukupi sangat memengaruhi kecepatan pertumbuhan serangga. Serangga yang

memiliki akses terhadap jumlah makanan yang melimpah cenderung tumbuh lebih cepat daripada mereka yang mengalami keterbatasan makanan. Nutrisi yang diperoleh dari makanan digunakan untuk membangun jaringan tubuh baru dan mendukung proses-proses biologis yang membutuhkan energi.

Pertumbuhan serangga terjadi melalui serangkaian pergantian kulit (ekdisis) yang disebut molting. Selama molting, serangga melepaskan kulit lama yang terbatas oleh ukuran tubuhnya dan berkembang menjadi bentuk yang lebih besar. Jumlah makanan yang tersedia memengaruhi frekuensi molting dan ukuran serangga setelah molting. Dengan makanan yang cukup, serangga dapat mengalami molting lebih sering, sehingga pertumbuhan mereka lebih cepat dan ukuran tubuh mereka lebih besar.

Kandungan protein yang tinggi juga berpengaruh terhadap pembentukan hormon dan penghasil energi untuk mengganti kerusakan sel tubuh (Senthil-Nathan, 2020). Hormon ecdysone juga ikut berperan dalam pertumbuhan, metamorphosis, dan reproduksi (Wijaya *et al.* 2011).

Guler *et al.* (2015) menyatakan bahwa kadar sukrosa yang rendah pada pakan buatan akan memperlambat pertumbuhan larva. Sukrosa yang ditambahkan pada pakan buatan serangga dengan konsentrasi 0,8-2,4% meningkatkan survival larva dan persentase pupasi tetapi apabila konsentrasinya lebih besar dari 4% akan berakibat sebaliknya yaitu menurunkan survival larva dan persentase pupasi (Wang *et al.* 2014).

2. Jenis Makanan dan Kecepatan Pertumbuhan:

Jenis makanan yang dikonsumsi oleh serangga juga memainkan peran dalam kecepatan pertumbuhan. Makanan yang mengandung nutrisi yang lebih kaya, seperti protein, lemak, dan vitamin, dapat mendukung pertumbuhan yang lebih cepat. Misalnya, serangga yang merupakan pemakan daging

atau sumber protein cenderung tumbuh lebih cepat daripada serangga herbivora yang makan bahan tumbuhan yang lebih rendah protein. Protein dapat berperan penting dalam proses metabolisme serta regulasi fisiologi dengan komponen penting hormon dan enzim (Senthil-Nathan, 2020). Sebagian besar enzim pada tubuh organisme tersusun atas protein yang memiliki struktur tiga dimensi. Enzim berfungsi sebagai biokatalisator metabolisme dalam tubuh sehingga proses penyerapan makanan menjadi molekul yang lebih kecil dapat diserap lebih cepat oleh saluran pencernaan (Dougoud *et al.*, 2019).

Vitamin C pada serangga tertentu menunjukkan peran dalam merangsang nafsu makan serangga serta meningkatkan jumlah pakan yang dimakan (*feeding rate*) (Bindu *et al.*, 2014). Asam askorbat berfungsi sebagai antioksidan bagi serangga yang dapat meningkatkan survival larva dan pupa dengan konsentrasi yang dianjurkan adalah 0,16%. Serangga tidak bisa memproduksi vitamin termasuk vitamin C dari sistem metabolisme tubuhnya (Wang *et al.* 2014).

3. Jumlah Makanan dan Ukuran Tubuh:

Ketersediaan makanan juga berdampak pada ukuran tubuh serangga dewasa. Serangga yang memiliki sumber makanan yang melimpah cenderung mencapai ukuran tubuh yang lebih besar karena mereka memiliki lebih banyak nutrisi untuk dibangun. Sebaliknya, serangga yang mengalami keterbatasan makanan selama tahap pertumbuhan larva cenderung memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil.

Berat pupa yang besar dihasilkan oleh larva yang aktif makan dengan pakan yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan sesuai (Herlinda *et al.*, 2005). Protein yang terdapat pada pakan akan melalui rangkaian proses katabolisme sehingga terbentuk monomer yang sederhana yaitu dalam bentuk asam amino. Asam amino akan dihasilkan lebih banyak

jika kandungan protein pada pakan juga banyak sehingga mempengaruhi berat pupa.

4. Jenis Makanan dan Ukuran Tubuh:

Jenis makanan yang dikonsumsi juga dapat memengaruhi ukuran tubuh serangga. Nutrisi yang kaya protein dan energi yang terkandung dalam makanan hewan cenderung menghasilkan serangga dewasa yang lebih besar dan kuat. Sebaliknya, makanan yang memiliki kandungan nutrisi yang lebih rendah, seperti nektar bunga, mungkin menghasilkan serangga dewasa yang lebih kecil. Isnawati (2009) menyatakan bahwa nutrisi yang dicerna saat larva akan berpengaruh terhadap berat tubuh saat stadia pupa. Bahan pakan glukosa, asam amino, dan asam lemak berfungsi sebagai sumber energi. Kandungan nutrisi yang tinggi mempengaruhi berat pupa karena peningkatan metabolisme energi dan konsumsi energi pada saat larva.

5.3.2 Perkembangan Metamorfosis Serangga

Sebagian besar serangga mengalami proses metamorfosis, di mana mereka mengalami perubahan bentuk dari telur menjadi larva, larva menjadi pupa, dan akhirnya pupa menjadi dewasa. Setiap tahap metamorfosis memerlukan nutrisi yang berbeda. Larva serangga biasanya memiliki tingkat konsumsi makanan yang tinggi karena mereka tumbuh dan berkembang dengan cepat. Nutrisi yang diperoleh dari makanan memungkinkan mereka untuk meningkatkan ukuran tubuh dan menggantikan kulit lama selama tahap molting.

Pada tahap pupa, serangga mengalami perubahan drastis dalam bentuk dan struktur tubuh mereka. Proses ini memerlukan sumber daya nutrisi yang disimpan selama tahap larva. Ketersediaan nutrisi yang cukup saat tahap larva dapat memengaruhi kualitas pupa dan akhirnya mempengaruhi perkembangan menjadi dewasa yang sehat.

Faktor makanan memiliki peran yang sangat penting dalam proses metamorfosis serangga, yang melibatkan perubahan bentuk dan tahap-tahap perkembangan dari telur hingga menjadi serangga dewasa. Proses ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan jenis makanan yang dikonsumsi oleh serangga pada setiap tahap perkembangan. Pertumbuhan dan perkembangan serangga dipengaruhi oleh nutrisi yang diperoleh pada fase larva dan imago (Lestari *et al.*, 2013). Berikut adalah penjelasan bagaimana faktor makanan mempengaruhi proses metamorfosis serangga:

1. Telur:

Pada tahap telur, serangga membutuhkan ketersediaan nutrisi dalam jumlah yang memadai untuk mendukung perkembangan embrio di dalam telur. Nutrisi yang diakumulasi di dalam telur akan menjadi sumber makanan awal bagi larva saat menetas. Kualitas telur, yang tergantung pada nutrisi yang disimpan oleh betina dalam tubuhnya, akan mempengaruhi kesehatan dan kemampuan bertahan larva nanti.

2. Larva:

Larva adalah tahap pertumbuhan yang paling aktif dan memerlukan makanan dalam jumlah besar untuk mendukung pertumbuhan tubuh yang cepat. Ketersediaan nutrisi yang cukup akan memungkinkan larva untuk mengalami serangkaian molting atau pergantian kulit. Makanan yang mengandung protein, karbohidrat, lemak, serta vitamin dan mineral penting akan membantu larva tumbuh lebih besar dan kuat (Lestari *et al.*, 2013). Jenis makanan juga memengaruhi perkembangan morfologi larva, misalnya, larva pemakan daun akan memiliki bentuk tubuh yang berbeda dari larva pemakan daging.

3. Pupa

Selama tahap pupa, serangga berubah dari bentuk larva menjadi bentuk dewasa dalam sebuah kapsul protektif.

Meskipun pupa tidak mengonsumsi makanan secara langsung, nutrisi yang terakumulasi selama tahap larva menjadi penyuplai energi untuk transformasi selama metamorfosis. Kualitas makanan selama tahap larva dapat mempengaruhi perkembangan organ dalam pupa, serta kualitas dan vitalitas serangga dewasa yang akan muncul nanti. Carasi *et al.* (2014) menyatakan bahwa perkembangan pupa sangat dipengaruhi oleh jenis pakan dan temperatur lingkungan.

4. Dewasa

Faktor makanan juga mempengaruhi kualitas serangga dewasa setelah mereka keluar dari pupa. Nutrisi yang tersedia selama tahap larva dan pupa akan memengaruhi kesehatan, daya tahan, dan reproduksi serangga dewasa. Kualitas dan kuantitas makanan yang dikonsumsi oleh serangga dewasa juga akan berdampak pada kemampuan mereka dalam berkembang biak dan berpartisipasi dalam ekosistem, misalnya, sebagai penyerbuk atau pemakan predator.

Faktor makanan memiliki pengaruh yang signifikan pada setiap tahap metamorfosis serangga. Nutrisi yang dikonsumsi pada setiap tahap akan membentuk dasar bagi perkembangan serangga. Kandungan protein yang tinggi akan dimanfaatkan oleh serangga untuk pembentukan jaringan sehingga waktu stadiumnya berlangsung lebih singkat (Lestari *et al.* 2013).

5.3.3 Reproduksi Serangga

Faktor makanan memiliki dampak yang signifikan pada proses reproduksi serangga. Kualitas dan kuantitas makanan yang tersedia dapat memengaruhi kesehatan, vitalitas, dan produktivitas reproduksi serangga. Berikut adalah penjelasan mengenai bagaimana faktor makanan mempengaruhi proses reproduksi serangga.

1. Kesehatan Reproduksi

Kualitas dan kuantitas makanan yang dikonsumsi oleh serangga berdampak pada kesehatan reproduksi. Nutrisi yang mencakup protein, lemak, vitamin, dan mineral mendukung fungsi organ reproduksi dan sistem hormonal yang diperlukan untuk reproduksi yang sukses, serta proses gametogenesis (pembentukan sel reproduksi). Serangga yang memiliki akses terhadap makanan berkualitas lebih tinggi cenderung memiliki sistem reproduksi yang lebih sehat, menghasilkan sperma dan telur yang lebih baik, serta memiliki peluang reproduksi yang lebih tinggi.

2. Produksi Telur

Ketersediaan makanan yang cukup dan nutrisi yang tepat adalah kunci untuk menghasilkan telur yang berkualitas. Betina serangga memerlukan nutrisi yang cukup untuk mengembangkan dan menyimpan telur dalam tubuhnya sebelum meletakkannya. Jika makanan kurang cukup atau nutrisinya kurang lengkap, produksi telur dapat terganggu. Kualitas telur juga dapat terpengaruh oleh nutrisi yang tersedia selama tahap larva dan pupa, karena telur akan mengandung sejumlah nutrisi yang disimpan dari tahap-tahap sebelumnya. Nutrisi yang memadai memastikan bahwa serangga betina memiliki cukup energi dan bahan bakar untuk memproduksi sejumlah besar telur.

3. Kualitas Sperma dan Telur:

Faktor makanan memengaruhi kualitas sperma pada serangga jantan dan telur pada serangga betina. Nutrisi yang memadai dan kualitas makanan yang baik dapat meningkatkan kualitas sperma dan telur yang dihasilkan. Sperma yang sehat dan telur yang berkualitas tinggi cenderung memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dalam pembuahan dan perkembangan menjadi keturunan yang sehat.

4. Fertilitas dan Kesehatan Betina:

Makanan yang kaya nutrisi dan variatif mendukung kesehatan betina serangga. Betina yang sehat cenderung memiliki tingkat fertilitas yang lebih tinggi, artinya mereka mampu menghasilkan lebih banyak telur yang sehat dan berkembang menjadi larva yang kuat. Nutrisi yang cukup juga membantu mempertahankan keseimbangan hormon reproduksi pada betina.

5. Kesehatan dan Daya Tahan:

Faktor makanan juga berpengaruh pada kesehatan umum dan daya tahan serangga terhadap penyakit dan stres lingkungan. Serangga yang mendapatkan makanan yang cukup dan bergizi cenderung memiliki sistem kekebalan yang lebih baik dan lebih mampu mengatasi tekanan lingkungan. Kesehatan yang baik akan berdampak positif pada proses reproduksi.

6. Jumlah dan Keberhasilan Berkembang Biak:

Makanan yang memadai dapat memengaruhi jumlah keturunan yang dihasilkan oleh serangga. Betina yang mendapatkan nutrisi yang baik lebih mungkin menghasilkan lebih banyak telur yang berhasil berkembang menjadi larva dan pupa. Nutrisi juga memengaruhi tingkat keberhasilan perkembangan dari telur hingga menjadi serangga dewasa.

7. Daya tarik seksual

Kualitas makanan dapat memengaruhi perilaku serangga dalam memilih pasangan dan melakukan aktifitas reproduksi. Serangga betina sering kali memilih pasangan berdasarkan kualitas sinyal dan perilaku, yang dapat dipengaruhi oleh faktor makanan. Jantan yang memiliki akses terhadap makanan yang baik mungkin memiliki sinyal reproduksi yang lebih menonjol dan daya tarik bagi serangga betina. Serangga dengan akses terhadap makanan yang baik cenderung memiliki penampilan yang lebih

menarik bagi pasangan potensial. Roriz & Joachim-Bravo (2013) menyebutkan bahwa serangga jantan dewasa yang mendapat asupan protein lebih banyak dalam stadia larvanya akan bisa mendapatkan kesempatan kawin lebih besar atau lebih dipilih oleh serangga betina.

8. Pola Reproduksi

Ketersediaan makanan juga dapat mempengaruhi pola reproduksi serangga. Pada kondisi makanan yang melimpah, serangga cenderung memiliki pola reproduksi yang lebih sering dan produksi keturunan yang lebih tinggi. Sebaliknya, dalam kondisi makanan yang terbatas, serangga dapat mengatur pola reproduksi mereka untuk mengurangi produksi telur dan keturunan.

5.4 Penutup

Faktor makanan memiliki peran yang krusial dalam proses pertumbuhan, perkembangan dan reproduksi serangga. Nutrisi yang tepat dan cukup diperoleh dari makanan memainkan peranan penting dalam menentukan kesuksesan serangga dalam menghadapi tantangan perkembangan dan reproduksi serangga, dan memastikan kelangsungan generasi selanjutnya, sehingga dapat memelihara populasi serangga yang sehat di berbagai ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Bindu K. Jose, V.V. Sudheendrakumar & T.V. Sajeev. 2014. Micronutrients – Significants and function in growth and survival of insects – a case study. Ent. App. Sci. 1(3): 1-4.
- Carasi, R. C., Telan, I. F., & Pera, B. V. 2014. Bioecology of common cutworm (*S. litura*) of Mulberry. Int. J. Sci. Res, 4, 1–8. <https://www.ijsrp.org/research-paper0414.php?rp=P282496>
- Cohen, A. C. 2015. Insect diets: Science and technology. CRC Press.
- Dougoud, J., Toepfer, S., Bateman, M., & Jenner, W. H. 2019. Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. Agronomy for Sustainable Development, 39(4), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0583-1>
- Guler Pinar, Nazh Ayhan, Can Kosukcu & Banu Sebnem Onder. 2015. Turk. J. Zool. 39: 395-403.
- Herlinda, S., Ekawati, A., & Pujiastuti, Y. 2005. Pertumbuhan dan perkembangan *Corcyra cephalonica* (Stainton)(Lepidoptera: Pyralidae) pada media lokal: Pengawasan mutu inang pengganti. Agricultura, 16(3), 153–159.
- Isnawati. 2009. Biokimia. Unesa University Press.
- Lestari, S., Ambarningrum, T. B., & Pratiknyo, H. 2013. Tabel hidup *Spodoptera litura* Fabr. Dengan pemberian pakan buatan yang berbeda. Jurnal Sain Veteriner, 31(2), 166–179. <https://doi.org/10.22146/jsv.3801>
- Roriz K. P. Alzira & Iara S. Joachim-Bravo. 2013. The relevance of age and nutritional status on the mating competitiveness of medfly males (Diptera: teprhitidae). Zoologia 30(5): 506-512.

- Senthil-Nathan, S. 2020. A Review of Resistance Mechanisms of Synthetic Insecticides and Botanicals, Phytochemicals, and Essential Oils as Alternative Larvicidal Agents Against Mosquitoes. *Frontiers in Physiology*, 10, 1591. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01591>
- Stéphane Kraus, Coline Monchanin, Tamara Gomez-Moracho and Mathieu Lihoreau. 2019. Insect Diet. *In* J. Vonk, T. K. Shackelford (eds.), *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*, Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47829-6_1137-1
- Wang Ye Cheng, Shu Kun Zhang, Xiu Bei Ren & Jianya Su. 2014. Effects of dietary additives in artificial diets on survival and larval development of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Florida entomologist* 97(3): 1041-1048.
- Wijaya, Y., Aslamyiah, S., & Usman, Z. 2011. Respon molting, pertumbuhan, dan mortalitas kepiting bakau (*Scylla olivacea*) yang disuplementasi vitomolt melalui injeksi dan pakan buatan. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(4), 211-218. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.4.211-218>

BAB 6

KONSEP TANGGAP FUNGSIONAL DAN NUMERIK PARASITOID DAN PREDATOR TERHADAP INANGNYA/MANGSANYA

Oleh Sri Wahyuni

6.1 Pendahuluan

Perkembangan populasi serangga pada suatu komunitas sangat dipengaruhi oleh adanya faktor ekstrinsik dan intrinsik. Serangga - serangga yang berperan sebagai musuh alami baik parasitoid ataupun predator membentuk suatu komunitas ditentukan oleh keadaan dan sifat-sifat individu sebagai reaksi terhadap faktor lingkungan yang ada seperti hubungan antara tanaman inang - serangga inang/mangsa - parasitoid/predator (Wahyuni *et al.*, 2017).

Serangga parasitoid memiliki hubungan yang lebih kompleks antara tanaman inang - serangga inang-parasitoid dibandingkan dengan serangga predator. Kecocokan antara fase tanaman inang dan serangga inang akan menentukan bisa atau tidaknya parasitoid melakukan parasitisasi atau peletakan telur pada tubuh serangga inang (Wahyuni *et al.*, 2017). Tidak demikian dengan predator yang mampu memangsa inangnya tanpa melihat fase pertumbuhan mangsanya.

Sebagai musuh alami yang efektif adalah musuh alami yang memiliki kemampuan menghasilkan keturunan (keperidian) tinggi serta memiliki kemampuan memarasit inang atau memangsa cepat dalam satuan waktu tertentu terutama pada saat inang atau mangsa melimpah di lapang (Muliani dan Srimurni, 2022). Kemampuan tersebut menyangkut pada kemampuan musuh alami

dalam menangani inang/mangsa per satuan waktu (tanggap fungsional) dan kemampuan menghasilkan keturunan per satuan waktu (tanggap numerik)

6.2 Tanggap Fungsional Parasitoid dan Predator

Holling (1959) dalam Wahyuni, Supartha, Ubaidillah, (2015) mengkaji pemangsaan hewan kecil pada lalat pinus *sawflies*. Hasil kajian memperlihatkan bahwa laju pemangsaannya meningkat terhadap peningkatan kepadatan populasi mangsa. Kondisi yang demikian dapat terjadi karena :

1. Setiap predator meningkatkan laju pemangsaannya apabila diberikan kepadatan mangsa yang meningkat
2. Kepadatan Predator juga meningkat jika diberikan atau pada saat kepadatan mangsa meningkat

Holling menyebutkan fenomena tersebut sebagai 2 bentuk reaksi atau tanggap populasi predator terhadap fluktuasi kepadatan mangsanya yaitu (1) Tanggap fungsional dan (2) tanggap numerik.

Pemikiran tersebut dapat pula diterapkan pada parasitoid. Secara alami pada saat kepadatan inang melimpah di lapang maka parasitoid akan mengikuti kenaikan tersebut dengan cara meningkatkan fungsinya secara individu dan fungsinya sebagai komponen populasi. Secara individu, parasitoid ataupun predator akan memaksimalkan kemampuan intrinsiknya salah satunya adalah tingkat parasitisasi/predasi, sementara peningkatan fungsi parasitoid/predator sebagai komponen dari populasi adalah dengan menghasilkan keturunan semaksimal mungkin.

Nelly, Trizelia and Syuhadah, (2015) menggambarkan bahwa tanggap fungsional merupakan komponen yang sangat penting dalam dinamika interaksi antara parasitoid dan serangga inang atau predator dan mangsanya serta sangat penting untuk

mengetahui prediksi kemampuan parasitoid ataupun predator dalam melakukan pengendalian dalam kurun waktu tertentu .

Holling selanjutnya memperkenalkan suatu model Tanggap fungsional yang kini masih populer di kalangan ekologist. Model ini sering dikenal sebagai model “*disc equation*” karena Holling menggunakan *paper disc* (keping kertas) untuk mensimulasikan skup pengujiannya terhadap predator. Secara matematis model ini mirip dengan model kinetik enzim yang dirancang dan dibuat pada tahun 1913 oleh Lenor Michaelis dan Maude Menten (Dirgayana, Supartha and Wijaya, 2021). Siddikah, Nurkomar and Buchori, (2018) mengemukakan bahwa model ini menggambarkan prinsip pemanfaatan waktu dalam perilaku biologi yang menggunakan asumsi bahwa predator itu memanfaatkan waktunya dalam 2 aktivitas yaitu : 1) Aktivitas pencarian mangsa, 2) Penanganan (satu) mangsa yang meliputi : menangkap, membunuh, makan dan mengunyah atau mencerna (*chasing, killing, eating, and digesting*), dan jika diterjemahkan pada proses parasitisasi menjadi : Pencarian inang, pengenalan inang dan penanganan inang (parasitisasi)

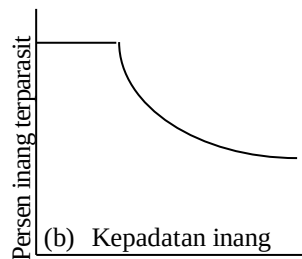
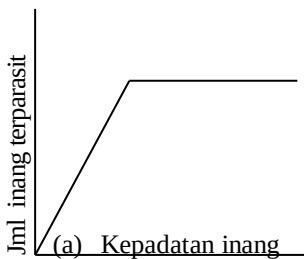
Tanggap fungsional dapat memperlihatkan bagaimana hubungan antara jumlah inang yang diparasit per parasitoid atau jumlah terpredasi per predator dengan jumlah atau kepadatan inang/mangsa. Hassell, 2000 *dalam* Trisawa *et al.*, (2020) menggolongkan tanggap fungsional menjadi tiga tipe yaitu:

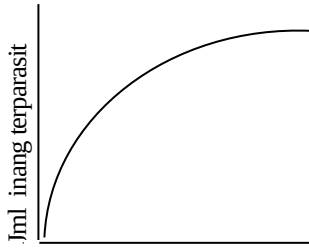
1. Tipe 1, menggambarkan hubungan musuh alami yang konstan terhadap kelimpahan inang/mangsanya. Dimana tanggap fungsional musuh alami akan mengikuti fluktuasi kelimpahan inang/mangsanya atau sebanding dengan kepadatan inang hingga samapai pada suatu titik jenuh.
2. Tipe 2, memperlihatkan tanggap musuh alami secara hiperbolik. Kemampuan memarasit/memangsa pada awalnya meningkat sejalan dengan meningkatnya kepadatan inang/mangsa namun apabila terjadi

peningkatan kepadatan inang/mangsa secara terus menerus maka kemampuan parasitisasi/memangsa mulai menurun karena kapasitas makan telah melampaui batas maksimal. Tipe 2 ini yang paling umum ditemukan pada serangga-serangga musuh alami.

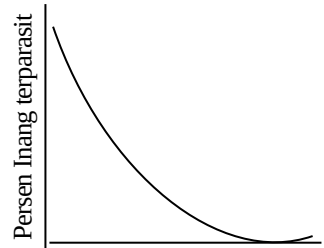
3. Tipe 3, respon musuh alami terhadap kepadatan pada tipe ini berbentuk sigmoid. Dimana pada model ini memperlihatkan kemampuan parasitisasi/predasi di awal lambat dan selanjutnya meningkat mengikuti peningkatan kepadatan inang/mangsa dan selanjutnya akan tetap melambat seiring dengan kepadatan inang/mangsa.

Kestabilan tanggap fungsional pada tipe 1 dan 2 lebih rendah dibandingkan tipe 3 kondisi ini disebabkan karena pada tipe 1 dan 2 kemampuan parasitisasi dan predasi akan menurun sejalan dengan peningkatan jumlah inang/mangsa. Sedangkan pada model tanggap fungsional tipe 3 lebih stabil karena parasitoid atau predator memberikan respon terpaut kepadatan pada inang (Wahyuni, Supartha, Ubaidillah and Wijaya, 2015).

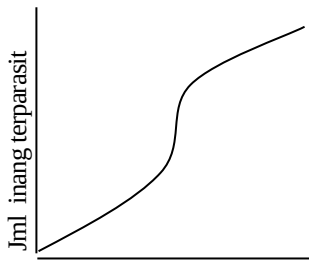




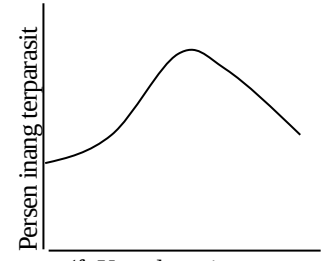
(c) Kepadatan inang



(d) Kepadatan inang



(e) Kepadatan inang



(f) Kepadatan inang

Gambar 6.1. Tipe tanggap fungsional (a,b) Tipe I (linear), (c,d) Tipe II (hiperbolik), (e,f) Tipe III (sigmoid)

Laju konsumsi seekor parasitoid/predator dibatasi dalam model ini karena bila inang/mangsa diberikan melimpah maka parasitoid/predator tidak butuh waktu lama untuk pencarian inang/mangsa (Abdillah, *et al.*, 2016). Holling mengungkapkan bahwa seekor predator masih butuh waktu untuk menangani mangsanya sehingga total waktu yang dibutuhkan sama dengan jumlah waktu yang digunakan untuk mencari (*searching*) dan menangani (*handling*).

$$T_{\text{total}} = T_{\text{mencari}} + T_{\text{menangani}}$$

Asumsinya adalah bila seekor predator menangkap (H_a) mangsa selama waktu T , sementara Waktu penanganan 1 mangsa harus proporsioanl terhadap jumlah mangsa yang ditangkap.

$$T_{\text{menangani}} = (H_{\text{mencari}}) \times (T_{\text{menangani}}) \dots\dots\dots Th = H_a.T_h$$

Th (*Total hours*) adalah waktu yang digunakan untuk menangani satu mangsa.

Pendugaan model tanggap fungsional didasarkan pada dua parameter yaitu Laju pencarian inang seketika (a) dan waktu penanganan inang per serangga inang oleh parasitoid (Th) diduga menggunakan analisis regresi logistik (Wahyuni and Reri, 2022). Persamaan logistik yang digunakan menurut Juliano dalam (Hidrayani *et al.*, 2009) adalah sebagai berikut :

$$Ne = {}_a N_0 + b \dots\dots\dots \text{Tipe 1,}$$

$$Ne = a.T.N_0 / (1 + a.Th.N_0) \dots\dots\dots \text{Tipe 2,}$$

$$Ne = a.T.N_0^2 / (1 + cN_0 + b.Th.N_0^2) \dots\dots\dots \text{Tipe 3.}$$

Simbol Ne adalah banyaknya inang yang mampu diparasit per individu, N_0 adalah banyaknya inang yang tersedia, T adalah lama waktu inang terpapar saat parasit melakukan pencarian inang. Th adalah waktu penanganan inang, a adalah laju pencarian seketika, sementara itu b , c dan d adalah konstan yang diturunkan (Wahyuni, Supartha, Ubaidillah and Wijaya, 2015).

Penelitian-penelitian tentang tanggap fungsional yang telah dilakukan pada parasitoid maupun predator baik pada skala laboratorium maupun lapangan memperlihatkan hasil yang berbeda. Tipe tanggap fungsional parasitoid/predator di lapangan dapat berubah dari tipe satu ke tipe yang lain. Kondisi tersebut dapat terjadi karena di lapangan banyak faktor pembatas seperti suhu dan kelembaban yang dapat mempengaruhi fisiologi musuh alami (Made, Resiani and Wayan, 2016).

6.3 Tanggap Numerik Parasitoid dan Predator

Trisawa *et al.*, (2020) mengemukakan Individu merupakan komponen populasi yang memiliki kemampuan untuk bertumbuh (*growth*) dan memberikan reaksi (*respons*) terhadap perubahan lingkungannya, serta berkembang biak (*reproduction*). Pertumbuhan dan perkembangan suatu organisme dalam membentuk populasi merupakan suatu proses yang berlangsung secara terus menerus yang dapat diukur pada selang waktu tertentu (Mawan and Amalia, 2015) seperti tiap satu minggu, satu bulan, atau satu tahun, bahkan untuk individu – individu dengan siklus hidup singkat dengan kemampuan reproduksi yang tinggi maka penghitungannya dapat dilakukan dalam selang jam ataupun menit.

Salah satu parameter demografi yang paling efektif dalam mengukur potensi musuh alami adalah laju pertumbuhan intrinsik (r) yaitu laju pertumbuhan suatu individu serangga pada suatu kondisi fisik tertentu dalam lingkungan yang tidak terbatas (Brich, 1948 dalam Maknun (2019).

Populasi serangga dikategorikan bertumbuh jika pada populasi serangga memiliki sebaran umur yang stabil yaitu memiliki peluang menghasilkan telur (keperidian) dan kematian (mortalitas) yang sama pada kelompok umur tertentu untuk setiap generasi. Makin tinggi persentase telur yang diletakkan pada kelompok umur muda maka semakin besar nilai laju pertambahan.

Pertumbuhan intrinsik dapat diketahui berdasarkan data-data yang diperoleh dari parameter demografy pada setiap individu. Parameter ini merupakan parameter tertentu bagi serangga dalam menyusun suatu populasi, parameter tersebut meliputi :

Parameter demografi musuh alami dihitung sesuai yang dilakukan oleh Lysyk (2000) dan Rustam, Rauf and Maryana, (2009) adalah sebagai berikut :

1. *Tabel kehidupan* yang menerangkan kisaran umur imago (x), sintasan imago hingga umur x (l_x)
2. *Tabel keperidian*, menerangkan banyaknya keturunan betina yang dihasilkan oleh imago pada umur tertentu (x) dan dinyatakan dengan m_x .
3. Laju reproduksi bersih (R_0) adalah laju kelipatan keturunan betina dalam satu generasi yang dapat dihitung dengan rumus $R_0 = \sum l_x m_x$
4. Masa generasi rata-rata (T)

$$T = \frac{\sum x l_x m_x}{R_0}$$

5. Laju pertumbuhan intrinsic dihitung dengan rumus (r)

$$r = \frac{\ln R_0}{T}$$

6. Laju pertambahan terbatas (λ)

$\lambda = e^r$, dimana $e = 2,71828$

7. Angka kelahiran terbatas (β)

$$\frac{1}{\beta} = \sum_x^m l_x \cdot e^{-r(x-1)}$$

8. Angka kelahiran sesaat (b)

$$b = \frac{r\beta}{e^r - 1} = \frac{r\beta}{\lambda - 1}$$

9. Angka kematian sesaat (d)

$$d = b - r$$

10. Laju pertumbuhan populasi (N_t)

$$N_t = N_0 \cdot e^{rt}$$

dimana :

N_t = banyaknya individu pada waktu t,

N_0 = banyaknya individu pada waktu nol,

r = laju pertumbuhan intrinsic,

e = bilangan logaritma alami (2,71828),

t = waktu satu generasi

DAFTAR PUSTAKA

- Asep Abdilah, N., Atmowidi, T. and Buchori, D. 2016. 'Tipe peneluran, pengaruh lama ketiadaan inang, dan pakan terhadap keragaan reproduksi parasitoid *Anagrus nilaparvatae* Pang et Wang (Hymenoptera: Mymaridae)', *Jurnal Entomologi Indonesia*, 13(3), pp. 127–137. doi: 10.5994/jei.13.3.127.
- Dirgayana, I. W., Supartha, I. W. and Wijaya, I. N. 2021. 'Uji Pemangsaan dan Tanggap Fungsional Predator *Chysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) Terhadap *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae)', *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 11(1), p. 76. doi: 10.24843/ajoas.2021.v11.i01.p08.
- Hidayani, H. Rauf, Aunu, Sosromarsono, S. Kartosuwondo, U. 2009. 'Preferensi Dan Tanggap Fungsional Parasitoid Hemiptarsenus *Varicornis* (Girault) (Hymenoptera: Eulophidae) Pada Larva Lalat Pengorok Daun Kentang', *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 9(1), pp. 15–21. doi: 10.23960/j.hptt.1915-21.
- Made, N., Resiani, D. and Wayan, I. 2016. 'The Level of Parasitization of Egg Parasitoid of Yellow Rice Stem Borer of different altitudes', *Informatika Pertanian*, 25, pp. 99–106.
- Maknun, M. 2019. 'Analisis Dinamika Model Matematika Interaksi Host-Parasitoid'.
- Mawan, A. and Amalia, H. 2015. 'Statistika Demografi *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae) pada Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.)', *Jurnal Entomologi Indonesia*, 8(1), p. 8. doi: 10.5994/jei.8.1.8.
- Muliani, Y. and Srimurni, R. R. 2022 *Parasitoid dan Predator Pengendali Serangga Hama*.

- Nelly, N., Trizelia, T. and Syuhadah, Q. 2015. 'Tanggap fungsional *Menochilus sexmaculatus* Fabricius (Coleoptera: Coccinellidae) terhadap *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae) pada umur tanaman cabai berbeda', *Jurnal Entomologi Indonesia*, 9(1), pp. 23–31. doi: 10.5994/jei.9.1.23.
- Rustam, R., Rauf, A. and Maryana, N. 2009. 'Studi lalat pengorok daun *Liriomyza* spp. pada pertanaman daun bawang dan parasitoid *Opius chromatomyiae*', *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 9(1), pp. 22–31.
- Siddikah, F., Nurkomar, I. and Buchori, D. 2018. 'Pengaruh Ketiadaan Inang terhadap Biologi Reproduksi dan Perilaku Parasitoid *Apanteles taragamae* Viereck (Hymenoptera: Braconidae)', *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1), p. 108. doi: 10.22146/jpti.33323.
- Wahyuni, S. I.W Supartha, Ubaidillah, R., and I.N. Wijaya. 2017. 'Functional Response of *Opius Chromatomyiae* Belokobylskij & Wharthon (Hymenoptera : Eulopidae) Parasitoid on Leaf Miner *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera : Agromyzidae)', *International Journal of Entomological Research*, 03(03), pp. 113–124.
- Wahyuni, S. I.W Supartha, Ubaidillah, R., and I.N. Wijaya. 2017. 'Parasitoid community structure of leaf miner *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) and the rate of parasitization on vegetable crops in Lesser Sunda Islands, Indonesia', *Biodiversitas*, 18(2), pp. 593–600. doi: 10.13057/biodiv/d180221.
- Wahyuni, S. and Reri, W. A. 2022. 'Hubungan Kondisi Ekosistem Kebun Kakao terhadap tingkat Serangan Hama *Helopeltis* sp (Hemiptera:Miridae)', *Agrica*, 15(1), pp. 33–44. doi: 10.37478/agr.v15i1.1926.

- Sunarto, D. A., Nurundah, N. and Sujak, S. 2020. 'Identifikasi Dan Uji Kapasitas Reproduksi Parasitoid Telur Ulat Penggerek Buah Merah Jambu Pada Tanaman Kapas', *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 11(3), p. 94. doi: 10.21082/jlittri.v11n3.2005.94-100.
- Triswa, .M.RauF, A. Kartosuwondo, U, Maryana, N. Nurmansyah, A. 2020. 'Kesesuaian Telur Kepik Kedelai untuk Pembiakan Massal Anastatus dasyni FERR. (Hymenoptera : Eupelmydae), Parasitoid Telur Kepik Lada', *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 16(3), p. 119. doi: 10.21082/jlittri.v16n3.2010.119-125.

BAB 7

PERTUMBUHAN POPULASI SERANGGA

Oleh Eko Apriliyanto

7.1 Pendahuluan

Keberadaan serangga terhadap suatu ekosistem salah satunya dipengaruhi oleh populasinya. Siklus hidup serangga yang dimulai dari telur, serangga muda (larva atau nimfa), pupa, dan serangga dewasa (imago), selanjutnya berulang lagi ke siklus awal, di dalamnya terdapat faktor pertumbuhan yang akan berpengaruh terhadap populasinya. Keberadaan populasi serangga dalam suatu ekosistem memiliki peran menguntungkan, merugikan, maupun netral terhadap organisme di sekitarnya. Populasi serangga dalam ekosistem akan berpengaruh juga terhadap produsen ataupun tingkat trofi yang lebih tinggi. Lebih-lebih adanya populasi suatu organisme dalam suatu ekosistem juga akan berpengaruh terhadap lingkungan biotik di sekitarnya. Pengaruh lingkungan biotik berupa populasi serangga hama dan musuh alami, masing-masing akan berpengaruh terhadap agroekosistem tersebut.

7.2 Pertumbuhan Populasi Serangga

Populasi serangga dapat diketahui perkembangannya dengan pengamatan pertumbuhan sesuai peranannya dalam ekosistem. Secara umum peran serangga sebagai hama dan musuh alami memiliki peran yang saling terkait dalam rantai makanan. Bahkan antara hama dan musuh alami ini dapat sebagai penentu dalam hasil produksi pertanian. Baik populasi hama maupun musuh alami dapat dimodifikasi ataupun direkayasa untuk

peningkatan hasil-hasil pertanian. Rekayasa-rekayasa yang dilakukan, baik pada lingkungan biotik maupun lingkungan abiotik dapat diterapkan untuk kepentingan yang menguntungkan ekosistem. Setiap individu serangga sangat mungkin memiliki kekhasan perilaku ataupun metode tertentu yang berpengaruh terhadap pertumbuhan populasinya.

7.2.1 Populasi Serangga Hama

Pertumbuhan populasi serangga hama dipengaruhi oleh kepadatan populasinya. Pada penelitian hama kumbang beras *Sitophilus oryzae* menunjukkan bahwa kepadatan populasi kumbang beras yang perbanyak pada media beras akan mempengaruhi peningkatan populasinya juga. Kepadatan populasi *S. oryzae* dengan pertumbuhan populasinya persentase kehilangan bobot, persentase beras berlubang, persentase bubuk beras, dan perubahan kadar air, berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan mengalami peningkatan secara linier. Semakin tinggi populasi awal *S. oryzae*, maka populasi imago kumbang beras pada keturunan berikutnya akan semakin meningkat pula. Pengetahuan tentang kepadatan populasi ini dapat bermanfaat untuk acuan dalam pemantauan hama gudang dalam penyimpanan (Hendriani dan Melinda, 2017).

Penerapan pupuk organik pada tanaman padi mampu menurunkan populasi wereng coklat. Pada kondisi tersebut, penggunaan bahan organik mampu menurunkan populasi wereng coklat. Jarak tanam tanaman padi juga dapat mempengaruhi perkembangan populasi wereng coklat. Semakin lebar jarak antar tanaman, maka kelembapan semakin juga akan terpengaruh. Hal ini akan menyebabkan kelembapan yang ada tidak sesuai untuk aktivitas wereng coklat (Pilianto *et al.*, 2021). Kombinasi antara lingkungan biotik dan abiotik mampu sebagai pengendali ekosistem yang bersinergi.

Populasi lalat kacang (*Ophiomyia phaseoli*) dan jumlah telurnya dapat berkurang populasinya hingga 50% dengan

penggunaan mulsa jerami sebanyak 50 ton per ha dengan cara jerami dikembalikan untuk penutup tanah pada musim tanam selanjutnya. Selain itu, penanaman tanaman perangkap berupa tanaman jagung yang berada di antara tanaman kedelai mampu menurunkan serangan hama ulat pemakan polong *Helicoverpa armigera*. Tumbuhan *Sesbania rostrata* memiliki keefektifan dalam mengurangi serangan hama kepik hijau hingga 35% (Indiati dan Marwoto, 2017).

Perkembangan populasi wereng coklat dengan perlakuan konvensional menunjukkan berbeda nyata dengan Pengendalian Hama Terpadu (PHT), PHT-RE (Pengendalian Hama Terpadu Rekayasa Ekologi) (Tabel 7.1). Metode tanam padi konvensional dengan penggunaan pestisida kimia sintetis dengan perkembangan populasi wereng coklat yang masih tinggi (Hasan, *et al.*, 2021).

Tabel 7.1. Rerata populasi wereng coklat dengan beberapa metode tanam

Metode rekayasa ekologi	Rerata populasi wereng coklat
PHT-RE	8,73 a
PHT	8,55 a
Konvensional	14,27 b

Keterangan: Data dianalisis menggunakan statistik non parametrik Kruskal-Wallis. Apabila terdapat hasil yang berbeda signifikan pada taraf 5 % dilakukan uji lanjut dengan Uji Mann-Whitney U. Sumber: (Hasan,*et al.*, 2021).

Yellow trap yang dipasang pada tanaman bunga matahari menunjukkan serangga yang terperangkap didominasi dari peran sebagai hama dibandingkan dengan musuh alami. Walaupun terdapat empat jenis ordo musuh alami yang terperangkap dengan

dominasi dari ordo Hymenoptera, Coleoptera, Odonata, dan Araneae (Tustiyani *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa peran tanaman refugia bunga matahari akan mempengaruhi pertumbuhan populasi hama pada mikrohabitat tanaman yang dibudidayakan.

Perkembangan populasi larva *Spodoptera litura* pada tanaman kubis dapat dikelola perkembangannya dengan metode tumpang sari. Tumpangsari tanaman kubis dengan kemangi (*Ocimum sanctum*) mampu menekan perkembangan populasi larva *S. litura*. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh tanaman kemangi mampu mengurangi kedatangan larva *S. litura* pada tanaman kubis. Tumpangsari kubis-kemangi jika dibandingkan dengan tumpangsari kubis-tomat dan kubis-bawang daun memiliki kemampuan tertinggi dalam menekan perkembangan populasi *S. litura* dengan jumlah 8 larva per 10 tanaman kubis (Patty, 2012).

Tabel 7.2. Populasi *S. frugiperda*. dan faktor abiotiknya

Hari Setelah Tanam	Populasi <i>S. frugiperda</i> .	Suhu	Kelembapan
14	11	28,76 – 29,43°C	71,1 – 72%
28	24		
42	43		

Sumber: (Arfan *et al.*, 2020)

Praktik budidaya tanaman secara monokultur dapat juga mempengaruhi perkembangan populasi hama. Penerapan tanaman jagung monokultur mempengaruhi jumlah populasi hama ulat grayak *Fall Army Worm* (FAW) (*Spodoptera frugiperda*) (Tabel 7.2.). Adapun keberadaan lingkungan berupa suhu dan kelembapan juga berpengaruh terhadap perkembangan populasi *S. frugiperda* (Arfan *et al.*, 2020).

Populasi lalat buah pada pertanaman mangga gedong gincu dipengaruhi perkembangannya oleh tingkat curah hujan. Pada kondisi curah hujan dengan fluktuasi yang tidak menentu dapat menurunkan populasi lalat buah. Pengamatan fluktuasi populasi lalat buah menunjukkan bahwa curah hujan selama 13 minggu pengamatan yaitu di bawah 23 mm. Diduga fluktuasi curah hujan juga mempengaruhi kelembapan tanah, sehingga kemunculan imago lalat buah dari pupa yang ada di dalam tanah akan menurun (Syahputera *et al.*, 2022). Lingkungan abiotik berupa curah hujan ini akan berpengaruh pada kelembapan lahan sekitar yang selanjutnya juga memiliki korelasi dengan mikrofauna yang ada di sekitarnya.

7.2.2 Populasi Serangga Musuh Alami

Populasi musuh alami tidak selalu seiring populasinya dengan serangga hama. Penelitian tentang perkembangan populasi kumbang koksi dan kutu daun aphid tanaman kacang panjang menunjukkan populasi kedua organisme tersebut tidak selalu linear. Peningkatan populasi kutu daun aphid *Aphis craccivora* tidak selalu diikuti dengan peningkatan populasi kumbang koksi famili *Coccinellidae* (Apriliyanto dan Setiawan, 2014).

Tumpang sari tanaman dapat berpengaruh terhadap populasi musuh alami. Kajian tumpang sari tanaman cabai merah dengan bawang merah mampu meningkatkan populasi musuh alami. Hal ini disebabkan oleh lebih banyaknya populasi tanaman bawang merah yang berada di sekitar tanaman cabai, sehingga meningkatkan keanekaragaman serangga dengan melimpahnya ketersediaan nutrisi bagi musuh alami (Prasetio, 2022). Sistem tanam monokultur juga dapat memberi efek negatif berupa penurunan populasi serangga musuh alami. Monokultur menyediakan jenis pakan yang terbatas, bahkan hanya 1 jenis, sehingga jenis pakan bagi musuh alami menjadi terbatas (Sulfiani *et al.*, 2021).

Tabel 7.3. Pengaruh jarak tanam kedelai terhadap populasi hama

Jarak tanam	Rerata populasi hama
20 cm x 20 cm	17,40 b
20 cm x 30 cm	15,00 ab
20 cm x 40 cm	12,80 a
20 cm x 50 cm	13,00 a
20 cm x 60 cm	12,00 a

Keterangan: Data dianalisis menggunakan uji F, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan Uji Duncan taraf 5%. Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda nyata. Sumber: (As'ari *et al.*, 2019).

Adanya rekayasa ekologi pada suatu agroekosistem, dapat pula meningkatkan perkembangan populasi musuh alaminya. Menurut Pilianto, Mudjiono dan Hadi (2021) melalui penelitiannya menjelaskan bahwa secara tidak langsung rekayasa ekologi mampu meningkatkan populasi musuh alami. Jarak tanam pada Tabel 7.3. menunjukkan bahwa rekayasa tersebut dapat mempengaruhi perkembangan populasi musuh alami. Penelitian tanaman kedelai dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm menunjukkan populasi musuh alami yang lebih tinggi dibandingkan dengan penerapan jarak tanam yang lebih longgar yaitu 20 cm x 40 cm, 20 cm x 50 cm, dan 20 cm x 60 cm (As'ari *et al.*, 2019).

Tiap vegetasi memiliki kekhasan populasi organisme yang berasosiasi di dalamnya. Pengamatan pada padi lahan rawa menunjukkan bahwa organisme yang ada dengan beberapa peranan yaitu herbivora, predator, parasitoid, dan detritivor. Tingkat keanekaragaman artropoda yang ada dari golongan herbivora, predator parasitoid, polinator dan detritivor seluruhnya pada tingkat sedang (Adnan dan Wagiyana, 2020). Rekayasa ekologi dapat digunakan untuk memodifikasi perilaku hama dan musuh alami agar hubungan antara serangga dengan

aspek lingkungan dapat meningkatkan kembali keanekaragaman hayati (Tabel 7.4.) (Pilianto *et al.*, 2021).

Tabel 7.4. Populasi musuh alami wereng coklat dengan rekayasa ekologi dan tanpa rekayasa ekologi

Musuh alami	Rekayasa ekologi	Tanpa rekayasa ekologi
<i>Paederus fuscipes</i> Curtis	61	26
<i>Menochilus sexmaculatus</i> (Fabricius)	50	35
<i>Ophionea nigrofasciata</i> Schmidt-Goebe	58	0
<i>Conocephalus longipennis</i> (de haan)	51	51
<i>Limnogonus fossarum</i> (Fabricius)	45	30
<i>Cyrtorhinus lividipennis</i> Reuter	45	0
<i>Agriocnemis pygmaea</i> (Rambur)	54	0
<i>Panstenon collaris</i> Boucek	39	0
<i>Lycosa pseudoannulata</i> (Boesenberg & Strand	44	0
<i>Oxyope javanus</i> Thorell	52	28
<i>Pseudogonatopus nudus</i> Perkins	46	0
<i>Halictophagus spectrus</i> Yang	42	0
Jumlah	583	170

Sumber: (Pilianto *et al.*, 2021)

Pengamatan pada metode tanam padiajar legowo menunjukkan jumlah musuh alami dengan tingkat perkembangan populasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi hamanya

(Tabel 7.5.). Keberadaan musuh alami dari awal tanam dapat mengurangi populasi hama. Jika keberadaan predator datang lebih awal, maka mangsa dapat terkendali populasinya pada ambang batas ekonomi (Lestari dan Rahardjo, 2022).

Tabel 7.5. Indeks keragaman dan Indeks kekayaan jenis musuh alami

Lahan	Indeks keanekaragaman (H')	Indeks kekayaan jenis (R)
Konvensional	2,44	3,08
Jajar legowo	2,56	3,13
Kategori	Sedang	Rendah

Sumber: (Lestari dan Rahardjo, 2022)

Kajian pada tanaman tebu dengan perlakuan tumbuhan liar berbunga dan tanpa tumbuhan liar berbunga menunjukkan bahwa musuh alami pada tanaman tebu dengan tumbuhan liar berbunga dengan perkembangan populasi yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan tumbuhan liar berbunga menyediakan nektar bagi serangga musuh alami untuk makanannya. Selain itu, tumbuhan liar berbunga juga berperan sebagai tanaman inang alternatif yang digunakan sebagai habitatnya. Famili Scelionidae mendominasi jenis musuh alami berjumlah 367 individu diikuti famili Tachinidae berjumlah 302 individu (Nurlinda *et al.*, 2022).

Tabel 7.6. Persentase artropoda di agroekosistem Desa Tulungrejo

Agroekosistem	Hama	Musuh alami	Serangga lain
Hutan produksi	0,00%	14,20%	85,71%
Agroforesti	50,00%	21,43%	28,57%
Lahan tanaman semusim	37,50%	50,00%	12,50%
Lahan tanaman jagung	36,36%	27,27%	36,36%

Sumber: (Dinata dan Nisa, 2023)

Sedikitnya atau tidak adanya campur tangan manusia pada ekosistem alami dapat mendukung kestabilan ekosistem. Kajian tentang populasi serangga dan artropoda lainnya pada agroekosistem Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang dapat dilihat pada Tabel 7.6. Adanya ekosistem yang seimbang akan memberikan kecukupan rantai makanan bagi hama dan musuh alami. Hal tersebut akan menghindari adanya ledakan populasi suatu hama yang dapat berdampak negatif bagi habitat karena kerusakan oleh hama tersebut tidak diimbangi oleh peran musuh alami (Dinata dan Nisa, 2023).

Penggunaan dosis atau konsentrasi subletal insektisida dapat berpengaruh terhadap efek biologis, jumlah telur tidak optimal, waktu peneluran, bobot larva, bobot pupa, periode perkembangan, efek fisiologis sistem reproduksi, dan sistem kekebalan tubuh serangga (Siahaya, V.G. 2021). Penggunaan insektisida perlu diperhatikan baik dosis maupun konsentrasinya. Bahan kimia insektisida ini dapat mempengaruhi fisiologi tubuh serangga, kemudian akan berpengaruh terhadap perkembangan individu serangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, M. dan Wagiyana. 2020. 'Keragaman arthropoda herbivora dan musuh alami pada tanaman padi lahan rawa di Rowopulo Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember', *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 1(1), pp. 27–32. Available at: <https://doi.org/10.19184/jptt.v1i1/5586>.
- Apriliyanto, E. dan Setiawan, B.H. 2014. 'Perkembangan Hama dan Musuh Alami pada Tumpangsari Tanaman Kacang Panjang dan Pakcoy', *AGRITECH*, 16(2), pp. 98–109. Available at: <https://doi.org/10.30595/agritech.v16i2.1023>.
- Arfan, If'all, Jumardin, Noer, H., dan Sumarni. 2020. 'Populasi Dan Tingkat Serangan Spodoptera Frugiperda Pada Tanaman Jagung Di Desa Tulo Kabupaten Sigi', *Jurnal Agrotech*, 10(2), pp. 66–68. Available at: <https://doi.org/10.31970/agrotech.v10i2.54>.
- As'ari, Rosa, H.O. dan Nisa, C. 2019. 'Keragaman Hama dan Musuh Alami pada Pertanaman Generatif Kedelai (*Glycine max* L Mer.) dengan Kerapatan Tanaman yang Berbeda', *Agroekotek View*, 2(2), pp. 31–39. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-540-71095-0_4401.
- Dinata, G.F. dan Nisa, D.K. 2023. 'Keanekaragaman Arthropoda pada Beberapa Agroekosistem di Desa Tulungrejo , Kecamatan Ngantang , Kabupaten Malang', *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(2), pp. 212–218.
- Hasan, M.N. al, Mudjiono, G. dan Rachmawati, R. 2021. 'Dinamika Populasi Wereng Batang Coklat *Nilaparvata lugens* Stal (Hemiptera: Delphacidae) dan Predator Generalis pada Pertanaman Padi Pasca Penerapan Rekayasa Ekosistem', *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 9(2), pp. 48–56. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2021.009.2.3>.

- Hendrival dan Melinda, L. 2017. 'Pengaruh Kepadatan Populasi *Sitophilus oryzae* (L.) terhadap Pertumbuhan Populasi dan Kerusakan Beras', *Biospecies*, 10(1), pp. 17–24.
- Indiati, S.W. dan Marwoto, M. 2017. 'Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) Pada Tanaman Kedelai', *Buletin Palawija*, 15(2), p. 87. Available at: <https://doi.org/10.21082/bulpa.v15n2.2017.p87-100>.
- Lestari, O.A. dan Rahardjo, B.T. 2022. 'Keanekaragaman Arthropoda Hama Dan Musuh Alami Pada Lahan Padi Jajar Legowo Dan Konvensional', *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 10(2), pp. 73–84. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.2.3>.
- Nurlinda, N., Rahardjo, B.T. dan Hadi, M.S. 2022. 'Pengaruh Tumbuhan Liar Berbunga Terhadap Keanekaragaman Musuh Alami Pada Ekosistem Tanaman Tebu', *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 10(4), pp. 156–162. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.4.1>.
- Patty, J. 2012. 'Peran Tanaman Aromatik Dalam Menekan Perkembangan Hama', *Agrologia*, 1(2), pp. 126–133.
- Pilianto, J., Mudjiono, G. dan Hadi, M.S. 2021. 'Strategi Pengelolaan Hama *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) dan Populasi Musuh Alaminya pada Tanaman Padi Lahan Irigasi Melalui Rekayasa Ekologi (Ecological Engineering)', *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 9(4), pp. 133–142. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2021.009.4.3>.
- Prasetio, D.P. 2022. 'Eksplorasi Kelimpahan Hama Dan Musuh Alami Pada Tanaman Tumpangsari Cabai (*Capsicum annum*) Dan Bawang Merah (*Allium ascalonicum*)', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2(1), pp. 1–11.
- Siahaya, V.G. 2021. 'Pengaruh Dosis/Konsentrasi Subletal Terhadap Berbagai Perilaku Serangga', *Agrologia*, 10(1), pp. 25–38.

- Sulfiani, Rahmawati, Asrul Sani, Aslidayanti, Rosmala Dewi, A.T. 2021. 'Inventarisasi Hama dan Musuh Alami di Pertanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.)', *Tarjih Agricultural System Journal*, 01(01), pp. 11–15.
- Syahputera, I., Susanto, A. dan Permana, A.D. 2022. 'Fluktuasi Populasi dan Identifikasi Lalat Buah *Bactrocera* spp. pada Pertanaman Mangga Varietas Gedong Gincu di Jatigede Sumedang', *Agrikultura*, 33(1), p. 83. Available at: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i1.37796>.
- Tustiyani, I., Utami, V.F. dan Tauhid, A. 2020. 'Identifikasi Keanekaragaman dan Dominasi Serangga pada Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L .) dengan Teknik Yellow Trap', *Argitrop*, 18(1), pp. 88–97.

BAB 8

POLA PERSEBARAN DAN PEMENCARAN SERANGGA

Oleh Mirnawati Dewi

8.1 Pendahuluan

Serangga merupakan filum arthropoda dari kelas insekta yang paling dominan dari kelompok hewan dimuka bumi. Sistem kehidupan serangga dinyatakan ke dalam ekologi. Jumlah relatif individu dalam suatu spesies di habitat atau kelimpahan serangga merupakan faktor penting dalam ekologi. Kemampuan serangga untuk bertahan dalam lingkungannya ditentukan oleh bentuk, fungsi, pola persebaran dan pemencaran. Serangga yang bersayap dapat melakukan persebaran dengan jarak yang sangat jauh, baik secara aktif maupun pasif di aliran udara. Oleh karena itu, memahami dan melacak pergerakan serangga dalam ruang dan waktu menghadirkan tantangan besar.

Penyebaran merupakan proses populasi serangga dalam merespon terhadap kondisi lingkungan dengan cepat. Dalam buku ini penyebaran didefinisikan sebagai pergerakan antargenerasi (spasial) namun pergerakan serangga jarak jauh sering disebut dengan migrasi maka perbedaan antara migrasi dan penyebaran harus diperhatikan. Sehingga, dalam bab ini kita akan membahas mengapa dan bagaimana serangga menyebar.

8.1.1 Istilah yang digunakan untuk menggambarkan pergerakan Serangga

Definisi entomologis migrasi yang paling umum digunakan adalah definisi Kennedy (1985) bahwa “Perilaku migrasi adalah pergerakan yang terus-menerus yang dipengaruhi oleh tenaga gerak hewan itu sendiri atau oleh aktivitas aktifnya terbawa oleh kendaraan”. Dingle dan Drake (2007) telah melengkapi definisi ini dengan merangkum pola migrasi yang dapat diamati untuk berbagai jenis organisme (migrasi obligat atau migrasi fakultatif, waktu migrasi, parsial, dan diferensial). Pada migrasi parsial sebagian kecil populasi menetap, sementara sisanya berpindah. Sedangkan pada migrasi diferensial terdapat perbedaan pada pola migrasi populasi yang lebih tua dan individu yang lebih muda atau dari jenis kelamin. Migrasi pada serangga dapat dianggap sebagai perilaku yang biasanya mengakibatkan penyebaran namun tidak semua penyebaran adalah migrasi (Woiwod et al., 2001). Migrasi serangga adalah kemampuan serangga bermigrasi dari satu arah yang kemungkinan tidak kembali. Generasi selanjutnya kemungkinan bermigrasi ke arah yang berbeda, dan mungkin saja kembali pada tempat semula pada musim tertentu. Umumnya terjadi pada serangga seperti kupu-kupu, belalang, capung, dan serangga lain. Prinsipnya serangga melakukan migrasi dikarenakan mencari makanan, perkawinan dan perlindungan. Dua jenis penyebaran utama yang dapat diamati yaitu (a) pra-kawin, ketika serangga meninggalkan habitatnya untuk mencapai habitat berbeda untuk reproduksi (tempat berkembang biak baru). (b) pasca bereproduksi, ketika suatu individu meninggalkan habitat tempatnya bereproduksi dan mencapai tempat reproduksi lainnya (perpindahan dari suatu tempat berkembang biak ke tempat berkembang biak lainnya), sehingga mengakibatkan terjadinya relokasi habitat reproduksi individu tersebut. Dalam

kedua kasus tersebut penyebaran aktif mencakup tiga fase utama yaitu (i) fase emigrasi, (ii) fase perpindahan, karena parameter biotik dan abiotik yang akan ditemui oleh setiap individu, (iii) fase imigrasi (Renault et al, 2018).

8.1.2 Mengapa Serangga Menyebar

Habitat dan sumber daya bersifat sementara dalam ruang dan waktu. Penyebaran menyediakan mekanisme untuk melacak perubahan kondisi lingkungan baik beberapa sentimeter atau ratusan kilometer. Penyebaran dapat terjadi akibat kerusakan habitat, misalnya karena kondisi fisik, berkurangnya sumber daya, persaingan untuk mendapatkan pasangan. Dengan melakukan pola persebaran dapat meningkatkan kebugaran jika tiba di habitat baru dengan lingkungan fisik, kompetitif, dan genetik yang lebih baik. Penyebaran sering dipicu oleh faktor-faktor seperti ketersediaan makanan, kepadatan populasi atau faktor lingkungan lain yang dapat bertindak sebagai 'pengganti' perubahan habitat (misalnya suhu, kelembaban, hujan, fotoperiode, posisi matahari, tekanan udara, faktor kimia atau angin) (Dingle 2001).

8.1.3 Mengapa mempelajari penyebaran serangga?

Mengukur penyebaran serangga adalah kunci untuk memahami dinamika populasi serangga dan sifat perilaku serangga baik kendala fisiologis atau genetik. Selain itu, bertujuan untuk mengembangkan sistem peramalan untuk memperingatkan petani dan rimbawan terhadap invasi hama. Juga untuk menekan persebaran serangga yang berperan sebagai vektor penyakit. Pola sebaran serangga skala besar menyebabkan masalah ekonomi yang cukup besar dalam produksi tanaman dan sistem hutan. Tanaman menyediakan konsentrasi temporal dan spasial sumber daya yang dapat

menarik atau menangkap sejumlah besar serangga dari jarak jauh. Pengetahuan yang terbatas tentang pola penyebaran dan persebaran serangga akan menghambat konetivitas konservasi yang efektif dalam bentang alam yang terfragmentasi penting untuk menjaga keanekaragaman dan ketahanan ekologi.

Pola sebaran adalah salah satu karakteristik pergerakan individu satu dengan lainnya pada suatu spesies ke dalam atau keluar dari suatu populasi di suatu habitat yang dikenal dengan pola sebaran populasi. Setiap jenis spesies satu dengan yang lainnya pada komunitas memiliki pola sebaran yang berbeda dan bergantung pada bentuk reproduksi dan lingkungannya baik faktor abiotik dan biotik. Pengetahuan tentang pola persebaran dan pemencaran sangat bermanfaat untuk kepentingan teoritis maupun praktis yang merupakan dasar utama untuk meramalkan ledakan populasi dan merancang taktik pengendalian atau rencana pengelolaan jangka panjang. Selain itu untuk menguraikan faktor-faktor yang berperan dalam suatu kasus dari rata-rata perunit area (Osborne & Loxdale, 2002).

8.1.4 Ciri-ciri penyebaran Serangga

Ukuran tubuh yang kecil dan kemampuan terbang memungkinkan serangga untuk menyebar baik secara aktif dan pasif (terbawa oleh aliran udara dan air). Selain itu, penyebaran serangga secara pasif dikarenakan serangga memiliki kemampuan adaptasi perilaku yang memungkinkan masuk dan tinggal di udara di luar batas kemampuan terbangnya. Kombinasi penyebaran pasif dan aktif ini memungkinkan serangga melakukan persebaran dalam jarak yang sangat jauh dibandingkan dengan ukurannya, dan secara akurat menargetkan habitat yang sesuai dengan kebutuhannya.

Kebanyakan serangga mempunyai siklus hidup yang pendek (seringkali dengan satu atau lebih generasi per tahun),

sehingga memberi mereka kesempatan untuk menyelesaikan satu generasi penuh dalam waktu yang singkat. Serangga menunjukkan adaptasi fisik dan perilaku terhadap penyebaran, misalnya polimorfisme dan polifenisme. Polimorfisme adalah adanya genotipe yang berbeda dalam suatu spesies. Polifenisme merupakan respon fenotipik fakultatif terhadap kondisi lingkungan. Banyak ordo serangga yang mempunyai polimorfisme atau polifenisme. Misalnya, garis keturunan aseksual kutu daun menghasilkan kutu daun bersayap sebagai respons terhadap isyarat lingkungan (Osborne & Loxdale, 2002).

8.2 Mekanisme Penyebaran Serangga

Serangga dapat ditemukan hampir pada setiap habitat terrestrial. Faktor lingkungan (biotik dan abiotik) akan mempengaruhi adanya keanekaragaman dan pola penyebaran serangga. Pola penyebaran populasi merupakan keberadaan spesies mengenai keberlangsungan hidup untuk bertahan hidup dari lingkungan berupa serangan predator maupun perubahan iklim. Selain itu, pola-pola penyebaran serangga dapat dipengaruhi oleh tingkatan diseminasi dalam sebuah populasi, hubungan dengan spesies yang lain, sumber daya yang tersedia, dan sebagainya. Serangga menunjukkan variasi pola penyebaran spesies dan famili yang berbeda karena perubahan iklim. Jarak yang ditempuh oleh serangga yang disebarkan oleh angin atau air tergantung beberapa faktor termasuk masa serangga. Selain itu faktor abiotik dan biotik juga memiliki pengaruh pada keberhasilan reproduksi, pertumbuhan dan penyebaran serangga. Pola penyebaran serangga adalah bentuk keberadaan serangga sebagai indeks keadaan mengenai cara dan keberlangsungan hidup yang diterapkan di suatu wilayah habitatnya. Serangga memiliki tiga pola persebaran secara umum yaitu;

1. Pola Penyebaran acak (random). Penyebaran secara acak relatif terjadi dimana individu tidak bergantung pada individu lain dalam suatu populasi dan terbentuk pada lingkungan seragam. Hal tersebut bahwa probabilitas individu untuk menempati satu wilayah tidak berbeda saat menempati wilayah lain dan kehadiran individu di suatu wilayah tidak akan mempengaruhi kehadiran individu lainnya. Sehingga setiap idividu memiliki kesempatan yang sama menempati setiap titik di wilayah tersebut. Pola penyebaran acak merupakan ciri khas sebagian serangga kecil yang memiliki arah dan rute dengan sedikit kemampuan untuk mendeteksi pada isyarat lingkungan. Serangga tersebut sangat bergantung pada arus angin atau air dan arah serta jalur pergerakannya ditentukan oleh pola pergerakan udara atau air. Contohnya yaitu fase imago *S. rubrocinctus* (Karmawati & Rumini, 2007). Umumnya penyebaran secara acak (random) jarang terjadi di alam.
2. Pola penyebaran seragam (*uniform*) merupakan hasil dari interaksi negative/persaingan diantara individu dalam populasi sehingga kepadatan populasi serangga disetiap titik disuatu wilayah hampir sama. Pola ini jarang di jumpai pada kelompok serangga yang bersifat predator.
3. Pola penyebaran mengelompok/bergerombol (*clumped*). Individu bergerombol di dalam populasi ada yang bergerombol secara acak, seragam dan berkumpul di dalam lingkungan dengan sumber makanan yang tidak pernah seragam. Pola sebaran ini paling umum dijumpai di alam. Pola reproduksi dan perilaku spesies juga dapat mendorong terbentuknya kelompok.

Pola sebaran phoretik yaitu khusus kasus dimana serangga yang tidak bisa terbang atau arthropoda lainnya menumpang pada hewan lain. Penyebaran phoretik sangat umum diantara

Hymenoptera dan tungau yang tidak bersayap. Di Indonesia tungau yang berasosiasi atau menempel pada tubuh ordo Coleoptera dan ordo Diptera yaitu tungau Macrochelidae. Macrochelida menggunakan serangga tersebut untuk berpindah tempat atau sebagai transportasi untuk persebaran dan penyebarannya. Tungau tersebut bukan parasite tapi bersifat phoretik. Tungau famili Macrochelidae di alam memiliki peranan sebagai predator atau pemangsa arthropoda kecil dan cacing. Peranan tersebut berperan penting sebagai pemutus rantai dari siklus hidup lalat dan cacing (Halliday, 2000). Hartini (2015) melaporkan bahwa telah ditemukan empat genus Macrochelidae (*Glyptholaspis*, *Holostaspella*, *Macrocheles* dan *Neopodocinum*) berasosiasi dengan tiga genus Scarabaeidae (*Catharsius*, *Onthophagus* dan *Paragymnopleurus*) di Sumatera.

Pola penyebaran serangga pengebor kayu (Famili Siricidae) dan kumbang permata (Famili Buprestidae) tertarik pada sumber bahan kimia pohon yang mudah menguap yang dipancarkan dari pohon yang terbakar/tergores dalam jarak hingga beberapa kilometer. Selain itu juga disebabkan karena pemancaran feromon dari serangga lain. Serangga yang memiliki feromon agregasi memiliki kemampuan berkumpul atau berkelompok dalam jumlah besar dan termasuk dalam kategori serangga sosial diantaranya *Agas sciarid* (Susrama, 2018).

Serangga akuatik memiliki kemampuan penyebaran yang sangat baik karena sebagian besar habitat air tawar bersifat sementara. Umumnya serangga akuatik sering bermigrasi ke dan dari habitat musim dingin (musim gugur dan musim semi di zona beriklim sedang) dan menyebar selama musim kawin. Penyebaran serangga akuatik dapat mengakibatkan kolonisasi habitat baru namun sering terjadi sebagai respon terhadap kondisi habitat yang sulit. Kondisi habitat yang sulit tersebut menjadi penyebab penyebaran,

mencangkup perairan mengering, kepadatan populasi yang tinggi dan kehadiran predator (May, 2019).

8.3 Pemantauan dan Penyebaran Serangga

Pergerakan serangga dapat diukur secara langsung maupun tidak langsung. Metode langsung melibatkan pelacakan pergerakan serangga, sedangkan metode tidak langsung sering kali difokuskan pada pemantauan perpindahan populasi. Metode tidak langsung mencakup penelitian penandaan-penangkapan kembali secara massal, penanda genetik, perangkap, observasi perilaku, scanning radar, *vertical-looking radar* (VLR) dan pemodelan. Serangga menyebar baik secara individu maupun berkelompok, contohnya Orthoptera dan Hymenoptera. Beberapa individu memiliki sifat tidak kompak misalnya kupu-kupu. Serangga yang secara kompak seperti lebah dengan cara mereka melakukan pengintaian sarang untuk menemukan lokasi sarang potensial dan mengomunikasikan lokasi tersebut kepada kelompoknya. Umumnya peneliti menggunakan ordo Lepidoptera, Homoptera, dan Heteroptera untuk memperkirakan pergerakan serangga. Saat memilih teknik untuk memantau pergerakan serangga, harus diperhatikan bahwa mengamati perilaku (misalnya menandai atau mengikuti serangga) dapat mengubah perilakunya. Sehingga sangat penting untuk menentukan metode analisis sebelum data dikumpulkan. Penelitian dengan resolusi spasial dan temporal yang sesuai dapat dilakukan untuk memastikan pengukuran sesuai dengan tujuan penelitian

Ciri yang memungkinkan serangga menyebar dengan sukses dalam ruang dan waktu juga membuat studi tentang fenomena pola sebaran pemancaran serangga menjadi sangat menantang. Para peneliti telah menjawab tantangan tersebut, dengan mengembangkan beragam teknik yang fleksibel untuk mempelajari banyak spesies di berbagai lanskap dan skala spasial. Teknologi telah digunakan untuk mengembangkan metode

spesifik, seperti system radar dan pendekatan molekuler seperti disebutkan di atas, namun teknologi juga telah digunakan dalam istilah yang lebih umum. Misalnya, peningkatan penggunaan penginderaan jarak jauh dan data yang dikumpulkan dari satelit, serta ketersediaan daya komputasi yang besar telah secara dramatis mengubah cara pemantauan pergerakan serangga.

Metode langsung dalam mengikuti pola persebaran serangga akan selalu lebih tepat dibandingkan metode tidak langsung. Namun, masih sangat sulit untuk melacak serangga secara langsung dalam jarak yang jauh, baik secara individu maupun berkelompok. Metode langsung, seperti penandaan-penangkapan kembali juga memiliki kelemahan yaitu seringkali melibatkan gangguan terhadap hewan sebelum atau selama penyebaran. Metode tidak langsung seperti penanda molekuler dianggap tepat karena cocok untuk berbagai skala spasial dan temporal, dan serangga tidak diganggu saat bergerak. Studi/penelitian tanpa penerapan penandaan molekuler penyebaran serangga pada berbagai skala spasial dan temporal, maka pemahaman tentang banyaknya perpindahan populasi, dan interaksi ekologi yang kompleks kemungkinan besar tidak akan lengkap. Namun kehati-hatian harus tetap dilakukan dalam analisis dan interpretasi bukti penyebaran berdasarkan penanda molekuler khususnya yang berkaitan dengan tingkat netralitasnya. Hal umum dalam semua penelitian tentang penyebaran serangga adalah perlunya pendekatan analitis yang cermat, yang mampu mengidentifikasi bias apapun dalam data. Pendekatan multidisiplin yang melibatkan teknik langsung yang dikombinasikan dengan tidak langsung sangat penting dalam studi penyebaran serangga di masa depan (Osborne & Loxdale, 2002).

8.4 Respon Serangga Terhadap Aktivitas Manusia

Perubahan pola penggunaan lahan dan perubahan lingkungan mengubah komponen abiotik dan mempengaruhi kelangsungan hidup dan pola persebaran penyebaran serangga (Subekti, 2012). Yenti et al. (2020) melaporkan bahwa perubahan penggunaan lahan mempengaruhi persebaran dan keanekaragaman jenis serangga predator dan parasitoid. Keanekaragaman dan kekayaan spesies serangga pengunjung bunga mentimun dipengaruhi oleh jarak dari habitat alaminya.

Kondisi lingkungan biotik dan abiotik yang tidak menguntungkan merupakan ancaman bagi penyebaran dan kelangsungan hidup serangga. Penyebaran dan kolonisasi menentukan kelangsungan hidup dan keberhasilan organisme, serta mempengaruhi struktur dan dinamika komunitas dan ekosistem dalam ruang dan waktu. Keduanya memengaruhi aliran gen antar populasi, memastikan tingkat variasi genetik yang cukup dan meningkatkan kemampuan adaptasi. Pola-pola distribusi spatial dan temporal serangga dikenali berdasarkan taksonomi yang berikatan dengan siklus hidup, morfologi, reproduksi, dan jenis inang. Pemahaman terhadap pengaruh pola distribusi spasial temporal terhadap faktor lingkungan musuh alami diharapkan dapat menekan penggunaan pestisida oleh petani (Allifah et al. 2019).

8.5 Pola Penyebaran Biologis

Serangga (artropoda) mempunyai reputasi yang baik dalam hal dampak ekonomi dan ekologi secara signifikan, namun cenderung terlalu menekankan dampak negatif dan kurang menekankan dampak menguntungkan. Penekanan pada dampak negatif diakibatkan oleh persaingan serangga dengan manusia untuk mendapatkan makanan dan sumber serat, serta peran serangga dalam menularkan penyakit ke manusia, hewan peliharaan dan hewan liar, serta tanaman pangan dan tanaman

hutan. Dampak negatif serangga tidak hanya disebabkan oleh kerusakan langsung (biasanya melalui makanan) dan dampak tidak langsung (seringkali melalui penularan penyakit tanaman dan hewan), namun juga biaya untuk mencegah atau mengurangi kerusakan. Terdapat banyak literatur yang bertujuan untuk mendokumentasikan kerugian yang disebabkan oleh hama, meskipun beberapa di antaranya telah ditentang. Sebaliknya, dampak manfaatnya kurang terdokumentasi dengan baik. Di satu sisi, belum banyak insentif untuk mendokumentasikan dampak menguntungkan dari serangga (Capinera, 2008)

Penyebaran tepat sebelum atau selama awal musim reproduksi umum terjadi pada spesies tertentu yang menempati habitat suksesi awal. Penyebaran meningkatkan jumlah populasi dan metapopulasi pada serangga. Inti dari serangan biologi adalah aktivitas manusia yang tidak sengaja membawa spesies baru melalui keberangkatan, perjalanan dan kedatangan dari wilayah satu ke wilayah lainnya yang berperan pada penyebaran spesies. Memahami mekanisme penyebaran tersebut memberikan pengetahuan bahwa mengapa beberapa serangga predator dan vektor tersebar luas daripada serangga yang lainnya dan juga memperkirakan dan meminimalisir resiko yang ditimbulkan dari jenis spesies tersebut. Harapannya dapat memicu penelitian teoretis dan eksperimental lebih lanjut dengan mempertimbangkan fase dan jalur sebagai filter selektif berbeda dan bertindak sebelum pembentukan dan penyebaran populasi invasif. Pencegahan telah direkomendasikan sebagai pendekatan yang paling efisien untuk menghadapi invasi (Minter et al. 2018). Oleh karena itu, peningkatan pengetahuan tentang penyebab penyebaran serangga yang dilakukan oleh manusia sangat penting untuk mengidentifikasi beberapa pilihan terbaik untuk

mencegah aktivitas manusia dalam menyebarkan serangga di semua skala spasial (Gippet *et al.* 2019).

8.6 Perluasa Jangkauan dan Penyebaran Serangga

Perubahan global yang sedang berlangsung dan khususnya degradasi habitat dan pemanasan di banyak wilayah di seluruh dunia. Hal tersebut telah membuka relung ekologi baru bagi banyak spesies serangga yang dapat bergerak ke arah kutub dan berada di ketinggian yang lebih tinggi di pegunungan (Hargareaves *et al.* 2014). Secara umum, spesies yang memiliki mobilitas tinggi berpeluang memperluas wilayah jelajahnya dibandingkan spesies yang kurang mobile. Misalnya, dua spesies kupu-kupu *Hesperia comma* dan *Aricia agrestis*, dan dua spesies jangkrik *Conocephalus discolor* dan *Metrioptera roeselii*, mengalami perluasan jangkauan penyebaran yang signifikan yang kemungkinan besar disebabkan oleh tingginya proporsi serangga bersayap panjang dan lebar (*macropterous*) di dalam populasi mereka. Secara paralel, pertumbuhan populasi serangga non-asli yang pesat dan percepatan perluasan wilayah jelajah mereka di zona geografis yang diinvasi menunjukkan bahwa sifat-sifat yang meningkatkan penyebaran mungkin lebih disukai di tepi wilayah jelajah yang semakin luas. Pengetahuan yang ada mengenai dampak perluasan wilayah jelajah terhadap kapasitas penyebaran dan konsekuensi ekologis terhadap serangga asli dan non-asli diulas di bawah ini. Penyebaran spesies yang memperluas wilayah jelajahnya, termasuk dalam konteks invasi biologis (Renault *et al.* 2018; Ochocki *et al.* 2017; Chabrerrie *et al.* 2019), telah menjadi topik hangat bagi para ahli ekologi. Penyebar serangga yang lebih besar dengan ukuran tulang paha, dada, dan perut yang lebih besar lebih mungkin menjangkau lokasi yang jauh selama peristiwa kolonisasi; ukuran tubuh populasi serangga diperkirakan akan meningkat selama perluasan

wilayah jelajah, sehubungan dengan peningkatan kapasitas penyebaran. Secara konsisten, manipulasi eksperimental beban yang dimuat oleh kupu-kupu *Anartia fatima* menunjukkan bahwa alokasi massa yang lebih tinggi ke dada selama perluasan jangkauan mungkin disebabkan oleh seleksi untuk meningkatkan kapasitas penyebaran (Srygley, 2018). Individu dari populasi dengan waktu tinggal lebih lama juga dicirikan oleh ukuran tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan serangga yang diambil sampelnya pada saat invasi. Contohnya ada kumbang carabid dewasa *Merizodus soledadinus* yang menginvasi kepulauan Kerguelen subantartika. Sebaliknya, penelitian yang dirancang untuk membandingkan kecenderungan dan kemampuan penyebaran pada serangga dewasa yang kawin dan tidak kawin masih sedikit, dan pengaruh waktu reproduksi terhadap penyebaran masih harus dieksplorasi. Perbandingan tersebut dapat memberi kita wawasan menarik mengenai kemungkinan mekanisme endokrin dan fisiologis yang memicu variabilitas penyebaran antar-individu. Pada banyak hewan, termasuk serangga, ciri-ciri yang mendukung keberhasilan penyebaran individu berkorelasi dengan serangkaian ciri morfologi, perilaku, dan fisiologis lainnya. Kumpulan sifat kovariansi ini dikenal sebagai sindrom penyebaran. Ada dua kategori utama sindrom penyebaran: Sindrom yang dihasilkan dari seleksi berbeda antara individu yang tinggal dan menyebar serta tidak terpapar pada faktor lingkungan yang sama, yang dikenal sebagai sindrom penyebaran adaptif. Sindrom penyebaran yang muncul sebagai akibat dari hubungan sifat-sifat yang berbeda dalam kaitannya dengan kapasitas penyebaran, yang dikenal sebagai *trade-off* sindrom penyebaran. Sindrom penyebaran umumnya terjadi untuk meningkatkan peluang mengatasi kendala lingkungan selama peristiwa penyebaran, misalnya variabilitas termal (Colinet *et al.* 2015) untuk

memvisualisasikan dampak variasi termal terhadap ekologi dan fisiologi serangga. Beberapa penulis mengemukakan adanya perbedaan fenotipe antara populasi inti dan populasi sebagian (Lombaert et al. 2015; Therry et al. 2015) disebabkan oleh perbedaan filter ekologi yang ditemui serangga selama ekspansi geografis (Renault et al. 2018). Namun, keterkaitan sifat-sifat yang membentuk sindrom penyebaran harus mendapat perhatian lebih di masa depan, khususnya untuk serangga invasif sepanjang gradien ekspansi mereka.

Sekalipun pengetahuan kita mengenai faktor-faktor yang mendorong kecenderungan penyebaran semakin meningkat, namun kita kini perlu meningkatkan pemahaman kita mengenai dampak struktur bentang alam (Cote et al. 2017) terhadap sindrom penyebaran, dan lebih khusus lagi meningkatkan pemahaman kita mengenai dampak konektivitas wilayah, termasuk situs soliter, pada sindrom ini. Di lapangan, konektivitas fungsional antar habitat dan tingkat gangguan habitat dapat menentukan jarak dan pola penyebaran. Misalnya, model yang diusulkan oleh Karisto dan Kisdi (2019) menunjukkan bahwa konektivitas habitat yang cocok bagi serangga menentukan sifat penyebaran (penyebaran lokal versus global) penelitian di masa depan mulai sekarang harus memeriksa seberapa besar konektivitas dapat mewakili kekuatan evolusi yang mendorong serangkaian sifat fenotip populasi yang menyebar (Renault, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Allifah, N. A., Natsir, A. N., Rijal, M. 2019. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Pola Distribusi Spasial Dan Temporal Musuh Alami Di Lahan Pertanian. *Jurnal Biology Science & Education*, Vol 8 (2).
- Capinera, J. L. (Ed.). 2008. *Encyclopedia of entomology*. Springer Science & Business Media.
- Colinet, H., Sinclair, B.J., Vernon, P., Renault, D. 2015. Insects in fluctuating thermal environments. *Annu. Rev. Entomol*, (60):123–140.
- Cote, J., Bestion, E., Jacob, S., Travis, J., Legrand, D., Baguette, M. 2017. Evolution of dispersal strategies and dispersal syndromes in fragmented landscapes. *Ecography*, (40): 56–73.
- Chabrerie, O., Massol, F., Facon, B., et al. 2017. Rapid evolution of dispersal ability makes biological invasions faster and more variable. *Nat. Comm.* (8): 14315
- Dingle, H. 2001. The evolution of migratory syndromes in insects. In: *Insect Movement: Mechanisms and Consequences* (eds I.P. Woiwod, D.R. Reynolds & C.D. Thomas), pp. 159–181. CAB International, Wallingford, UK.
- Dingle, H. 2017. Drake, V.A. What is migration? *BioScience*, (7): 113–121
- Gippet, J. M., Liebhold, A. M., Fenn-Moltu, G., & Bertelsmeier, C. 2019. Human-mediated dispersal in insects. *Current opinion in insect science*, (35): 96-102.
- Hartini S. 2015. Keanekaragam Tungai Famili Macrochelidae (Acari: Gamasida) Pada beberapa tipe penggunaan lahan di kabupaten pesawaran Lampung, Sumatera. *Zoo Indonesia*, 24 (1): 21-27

- Halliday, R. B. 2000. The Australian species of *Macrocheles* (Acarina: Macrochelidae). *Invertebrate Taxonomy*, (14): 273-326.
- Hargreaves, A. L., Eckert, C. G. 2014. Climate change and species range shift. Evolution of dispersal and mating system along geographic gradients: Implications for shifting ranges. *Funct Ecol*, (28): 5-21
- Karisto, P., Kisdi, E. 2019. Join Evolution of dispersal and connectivity. *Evolution*, (73): 2529-2537.
- Karmawati, E dan W, Rumini. 2007. *S. rubrocinctus* (Giard). InfoTek Jarak pagar. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman*, I (4): 15
- Kennedy, J.S. 1985. Migration, behavioural and ecological. *Contributions in Marine Science*, (27) (Suppl.), 5-26.
- Lombaert, E., Estoup, A., Facon, B., et al. 2014. Rapid increase in dispersal during range expansion in the invasive ladybird *Harmonia Axyridis*. *J. Evol. Biol*, (27): 508-517.
- May, M.L. 2019. Dispersal by aquatic insects. In *Aquatic Insects: Behavior and Ecology*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, pp. 35-73
- Minter, M., Pearson, A., Lim, K.S., et al. 2018. The tethered flight technique as a tool for studying life-history strategies associated with migration in insects. *Ecol. Entomol*, (43): 397-411.
- Nuriyanti, D. D., Widhiono, I., Suyanto, A. 2016. Faktor-faktor Ekologis Yang Berpengaruh terhadap Struktur Populasi Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.). *Biosfera*, Vol 33. (1): 1-21
- Osborne, J., Loxdale, D. H. 2002. Dispersal Ekology. Chapter Monitoring insect dispersal: methods and approaches. *In Book*. (pp.24-49);

- Ochocki, B. M., Eckert, C. G. 2017. Rapid evolution of dispersal ability makes biological invasions faster and more variable. *Nat. Comm*, (8):14315
- Renault, D. 2020. A Review of the Phenotypic Traits Associated with Insect Dispersal Polymorphism, and Experimental Designs for Sorting out Resident and Disperser Phenotypes. *Insect*, (11) 214. MDPI
- Renault, D., Laparie, M., Mc Cauley, S. J., Bonte, D. 2018. Environmental adaptations. *Annu. Rev. Entomol*, (63): 345-368
- Susrama, K. G. I. 2018. *Agas sciarid* (Diptera: Sciaridae): Suatu kajian Pustaka Sciaride Gnat (Diptera: Sciaridae): A literatur Review. *J. Metamorfosa*, (1): 22-27
- Srygley, R. B., 2018. Experimental manipulation of dispersal ability in a neotropical butterfly *Anartia fatima* (Lepidoptera: Nymphalidae), *Insects*, (9): 107.
- Subekti N. 2012. Keanekaragaman jenis serangga di Hutan Tinjomoyo Kota Semarang Jawa Tengah. *Jurnal Tengawang*. 2(1):19-26.
- Therry, L., Bonte, D., Stoks, R. 2015. Higher investment in flight morphology does not trade off with fecundity estimates in a poleward range-expanding damself. *Ecol. Entomol*, (40): 133-142
- Woiwod, I.P. & Harrington, R. 1994. Flying in the face of change: the Rothamsted Insect Survey. In: *Long-term Experiments in Agricultural and Ecological Sciences* (eds R.A. Leigh & A.E. Johnston), pp. 321–342. CAB International, Wallingford, UK.
- Yenti, N. Juniarti., Efendi, S. 2020. Pengaruh Penggunaan Lahan Kakao yang Diintegrasikan dengan Kelapa Sawit Terhadap Keanekaragaman Serangga Predator dan Parasitoid. *Joseta*, Vol.2 (1): 44-53.

BAB 9

HUBUNGAN EKOLOGI SERANGGA DENGAN SISTEM PENGENDALIAN HAMA TERPADU PERTANIAN BERKELANJUTAN

Oleh I Wayan Suanda

9.1 Pendahuluan

Keanekaragaman serangga hidup di Indonesia merupakan salah satu kekayaan alam berupa kekayaan hayati belum banyak diketahui. Kelimpahan serangga memberikan nilai positif dalam kehidupan manusia, walaupun ada kerugian yang ditimbulkan. Kelimpahan populasi dan jenis serangga dipengaruhi keberadaan lingkungan yang mendukung dalam penyediaan nutrisi disertai reproduksi tinggi dengan siklus hidup relatif tidak panjang. Keunikan serangga dalam kehidupannya memiliki fase-fase dan dalam aktivitasnya ada fase menguntungkan dan menimbulkan kerugian. Misalnya kupu-kupu, pada fase imago berperan membantu penyerbukan pada tumbuhan (menguntungkan) dan saat fase larva dapat menimbulkan kerugian dengan merusak daun, buah, bunga tanaman (Dewi *et al.*, 2016). Kerusakan pada tanaman yang diakibatkan serangga menimbulkan kerugian bagi manusia (petani), maka serangga ini dikategorikan hama. Dampak yang diakibatkan serangga ini dapat menurunkan produksi pertanian bahkan serangan hebat menyebabkan gagal panen. Untuk mengurangi kerusakan lebih berat, melewati nilai ambang ekonomi, maka diperlukan tindakan pengendalian.

Serangga dari ordo Lepidoptera, Heminptera, Orthoptera, Diptera dan Coleoptera memiliki sifat sebagai fitofag, merusak tanaman (Prabawati *et al.*, 2020; Karenina *et al.*, 2020). Serangga tertarik terhadap bunga yang memiliki aroma bunga harum, warna cerah, bentuk bunga dengan serbuk sari serta pengaruh faktor lingkungan. Hasil penelitian melaporkan bahwa 80% penyerbuan pada tanaman dibantu serangga. Serangga mendatangi bunga karena pada serbuk sari ditemukan protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral serta nektar bunga mengandung gula untuk dimanfaatkan dalam proses pembentukan madu. Keberadaan serangga yang mendominasi ini sering dijadikan media penelitian, pembelajaran dan rekreasi serta memiliki nilai estetis.

Serangga merupakan salah satu kelompok hewan memiliki sebaran habitat sangat luas dan populasi cukup banyak. Penyebaran serangga dari dataran rendah sampai pegunungan, termasuk hutan dan lahan pertanian serta perkotaan. Kehidupan serangga dalam suatu kawasan dapat dijadikan indikator dalam biodiversitas, kesehatan ekosistem dan degradasi lanskap, karena serangga memiliki kepekaan dalam menentukan ekosistem dalam lingkungan berjalan baik. Rahayu (2016) melaporkan bahwa serangga memiliki kepekaan dalam memberikan respon terhadap kondisi lingkungan. Karakteristik habitat sebagai tempat hidup menyebabkan berbedanya jenis serangga penghuni (Vu, 2009). Keberadaan serangga ini mengindikasikan bahwa lingkungan sebagai habitat hidupnya telah memberikan interaksi kelangsungan hidup yang lebih harmonis. Terjaganya ekosistem yang lebih baik tanpa menggunakan bahan-bahan bersifat merusak bersumber dari kimia sintetis dapat memberikan keberlanjutan. Sebaliknya terjadinya penurunan kualitas lingkungan sebagai dampak penggunaan bahan kimia sintetis dalam kegiatan bertani dapat menimbulkan kerusakan lingkungan dan terganggunya kesehatan manusia. Berubahnya kualitas lingkungan ke arah

negatif memberi pengaruh terhadap habitat alami flora dan fauna termasuk serangga (Gámez-Virués *et al.*, 2015).

Dalam pengelolaan lingkungan, penerapan pertanian terpadu sebagai bentuk dalam pengendalian hama merupakan suatu keniscayaan yang harus tetap dijaga. Pengendalian hama tanaman tidak berorientasi ekonomi saja, namun yang harus dikedepankan menjaga, yaitu nilai total dalam melakukan tindakan usaha. Nilai total ini termasuk kesehatan manusia (konsumen, petani), ternak dan nilai kerusakan lingkungan (Suanda, 2020; Suanda, 2021). Pengembangan serangga predator sebagai pemangsa serangga hama dapat menjaga kelangsungan ekosistem. Ekosistem yang memiliki nilai untuk menjaga tetap terjalannya rantai makanan dan jaring-jaring makanan menjadi bentuk keberlanjutan. Intergrasi pengelolaan pertanian, peternakan lebah madu dan perikanan air tawar (“Tanterika”) disuatu kawasan telah banyak dilakukan untuk meningkatkan penghasilan petani. Konsep keberlanjutan inilah menjadi program dasar ekologi serangga dalam kaitannya pada pengendalian untuk pengelolaan pertanian berkelanjutan.

9.2 Ekologi Serangga

Ekologi serangga merupakan bagian dari ekologi hewan sebagai cabang ekologi, fokus membahas serangga dan dipelajari dalam entomologi. Ekologi serangga adalah ilmu pengetahuan mempelajari seluk beluk kehidupan serangga yang berinteraksi dalam suatu ekosistem lingkungan (Price. 1997). Perkembangan entomologi sangat pesat dan dipelajari secara komprehensif. Untuk itu entomologi tidak terlepas dari dukungan ilmu pengetahuan lain, seperti: agronomi, botani, mikrobiologi, bioteknologi, ilmu tanah, iklim dan cuaca. Dalam mikrobiologi telah ditemukan mikroorganisme (mikroba), seperti *Bacillus thuringiensis* (Bt) memiliki kemampuan untuk mengendalikan serangga hama. Penerapan bioteknologi pertanian dalam

pengendalian serangga hama melalui metode pemandulan serangga yang telah banyak dilakukan di laboratorium. Teknologi pemandulan serangga dilakukan dengan memberikan radiasi pada pupa sebagai bentuk rekayasa dalam mengurangi hama lalat buah di perkebunan buah. Teknik pemandulan serangga ini berhasil untuk mengurangi populasi hama lalat buah dan bersifat ramah lingkungan. Dalam teknologi ini serangga tetap bisa hidup dalam ekosistem, namun tidak mampu menghasilkan keturunan dari perkawinan yang dilakukan.

Berdasarkan penelitian dilakukan penulis pada tanaman stroberi, pergantian musim dan perubahan cuaca berpengaruh langsung terhadap populasi serangga hama dan berbanding terbalik dengan laju peningkatan patogen (Suanda, 2023). Artinya pada musim kemarau keberadaan serangga termasuk serangan hama pada tanaman lebih ganas dan sebaliknya saat musim hujan kerusakan akibat patogen berupa mikroorganisme (jamur dan bakteri) lebih tinggi. Kondisi ekstrim cuaca dan iklim juga mempengaruhi kehidupan serangga termasuk serangga perusak tanaman. Saat musim hujan menjadi berpengaruh penting bagi serangga, karena aktivitasnya terganggu serta menimbulkan terganggunya siklus hidup.

Serangga merupakan salah satu kekayaan alam berupa keanekaragaman hayati memiliki pengaruh besar pada jaringan makanan dalam ekosistem. Kelimpahan jenis serangga memiliki hubungan dengan kegiatan reproduksi dalam waktu relatif pendek. Proses metamorfosis berlangsung relatif tidak lama, dari fase telur hingga menjadi imago (serangga dewasa). Kondisi ini memiliki hubungan dengan kemampuan beradaptasi dalam memberi tanggapan terhadap gangguan terjadi pada lingkungan (Rahayu, 2016). Selain itu populasi dan keragaman jenis serangga didukung ketersediaan pakan sebagai sumber nutrisi serta kondisi lingkungan dalam kisaran kehidupan sesuai. Keberadaan serangga perlu dijaga dengan melakukan penataan areal berupa penanaman

tanaman bunga sebagai sumber pakan, seperti jenis tanaman refugia.

Tanaman refugia memiliki bunga berwarna cerah, kandungan nektar tinggi, sehingga menjadi daya tarik serangga (Priwiratama *et al.*, 2020), seperti : tanaman jenis *Antigonon leptopus* (Fardani *et al.*, 2020) dan tanaman kenikir (*Marigold tagetes*). Keberadaan tanaman refugia berperan sebagai konservasi musuh alami di areal perkebunan, diantaranya: sebagai perangkap hama, tanaman penolak hama, tempat berlindung serangga, menarik musuh alami, dan menarik perhatian fitofag (Ilhamiyah *et al.*, 2020). Refugia merupakan jenis tumbuhan yang ditanam di suatu areal untuk menyediakan sumber pakan, tempat perlindungan dan sumber daya lain bagi serangga musuh alami, seperti predator dan parasitoid. Rekayasa ekosistem pertanian melalui pengembangan sistem refugia yang memanfaatkan jenis tanaman bunga-bunga berwarna warni agak mencolok untuk menarik serangga musuh alami untuk “mampir” pada tanaman refugia. Beberapa tanaman refugia, diantaranya: bunga kenikir, bunga tapak dara, bunga matahari, bunga jengger ayam dan bunga marigold sp. Pola tanam polikultur dengan menanam tanaman refugia di sela-sela tanaman utama, memberi peluang terjadinya peningkatan populasi predator dan parasitoid karena tersedianya sumber makanan dan inang atau host, sehingga keseimbangan ekosistem tetap terjaga.

Serangga dalam ekosistem berperan sebagai herbivora, karnivora dan detritivor, sehingga kedudukannya menjadi merugikan, sehingga dikelompokkan serangga utama hidup sebagai hama (Hidayat, 2018). Selain itu serangga juga memiliki kehidupan yang membantu dalam proses penyerbukan, menghasilkan madu, berperan sebagai predator dan parasitoid. Oleh karena itu kedudukan serangga dalam ekosistem dan pertanian cukup kompleks. Peranan serangga di bidang pertanian, berupa: fitofag, predator, vektor penyakit dan membantu penyerbukan. Serangga

fitofag memiliki efektivitas dalam membantu penyerbukan dan menentukan hasil serta kualitas produksi kelapa sawit (Afrian *et al.*, 2020).

9.2.1 Indeks Keanekaragaman Serangga

Untuk mengetahui indek keanekaragaman serangga, dapat dihitung menggunakan rumus Shannon-Wiener, (Wang *et al.*, 2017) yaitu:

$$H' = - \sum pi \ln pi ; \quad pi = \frac{ni}{N}$$

Keterangan:

H' = Keanekaragaman Shannon-Wiener

Ni = Jumlah Individu Satu Jenis

N = Jumlah Individu Semua Jenis

Katagori yang digunakan untuk mengetahui tinggi dan rendah keanekaragaman serangga di suatu areal, umumnya terdiri atas kreteria:

Keanekaragaman Jenis	Katagori
H' < 1	Rendah
1H' ≤ 3 ≤ H'3	Sedang
H' > 3	Tinggi

9.2.2 Indeks Dominasi Serangga

Untuk mengetahui kelompok serangga yang mendominasi di suatu areal atau habitat dapat dicari besar nilai indek (Simpson, 1949), digunakan rumus :

$$C = \sum \left(\frac{ni}{N}\right)^2$$

Keterangan:

C = Indeks Dominan

Ni = Jumlah Individu Satu Jenis

N = Jumlah Individu Semua Jenis

Berdasarkan kriteria indeks dominasi Simpson, tingkat dominasi serangga dapat dikategorikan, yaitu:

Indeks Dominasi	Kategori
$C < 0,4$	Rendah
$0,4 < C < 0,6$	Sedang
$C > 0,6$	Tinggi

9.3 Pengendalian Hama Terpadu

Pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan suatu cara pendekatan dalam melakukan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) pada pengelolaan agroekosistem berbasis ekologi dan efisiensi ekonomi. Dalam program ini memerlukan pemantauan populasi serangga hama dan musuh alami secara kontinyu dan sistematis untuk dijadikan pertimbangan dalam kegiatan pengendalian (Suanda *et al.*, 2023). Pelibatan musuh alami, budidaya, varietas, agensia mikroorganisme, memanipulasi genetika dan penggunaan seks atraktan (penarik jenis serangga jantan yang telah dimandulkan) menjadi pertimbangan dalam pengendalian terpadu. Salah satu upaya dalam pengendalian terpadu dapat melibatkan musuh alami sebagai pengendalian hayati, diantaranya: predator, parasitoid dan entomopatogen. Budidaya pertanian menerapkan teknologi pertanian berbasis organik seperti: pupuk organik dan insektisida nabati dapat menjaga kondisi lingkungan relatif alami, memberikan daya musuh alami.

Sasaran dalam pengendalian hama terpadu lebih mengedepankan terjaganya peningkatan, yaitu: produktivitas pertanian, kesejahteraan petani, peran musuh alami, kualitas dan keseimbangan ekosistem tetap terjaga serta populasi serangga hama tidak menimbulkan kerugian secara ekonomis atau masih berada di bawah nilai ambang ekonomi (Suanda *et al.*, 2023).

9.3.1 Pengertian Hama

Serangga memiliki kedudukan sebagai organisme menguntungkan dan merugikan manusia, karena berpengaruh besar terhadap kualitas dan hasil pertanian. Kedudukan serangga yang merugikan manusia, dikategorikan dalam kelompok serangga hama. Hama merupakan kelompok serangga menimbulkan kerusakan pada tanaman, berupa penurunan kualitas dan kuantitas yang menimbulkan kerugian ekonomi (Rahayu *et al.*, 2021). Jadi permasalahan hama ialah permasalahan yang berorientasi pada kepentingan manusia, tidak hanya memandang ekologis. Pendefinisian hama yang diberikan lebih bersifat “antroposentrik”, menyangkut kebutuhan manusia. Pembatasan sebutan hama tersebut bermakna kalau tidak seluruh herbivora yang terdapat di agroekosistem merupakan hama (Hadi *et al.*, 2009). Hal ini dapat ditemukan pada daerah tropis maupun subtropis, yaitu kutu daun (*Aphis gossypii*) sebagai hama bersifat polifag, oligofag dan monofag serta vektor penyakit virus keriting pada tanaman. Spodoptera sp. (Lepidoptera) populer dikenal ulat grayak memiliki inang cukup luas pada tanaman sayuran, hortikultura maupun tanaman kehutanan. Hama ini banyak menyerang tanaman kubis, kedelai menimbulkan defoliasi daun, berupa kerusakan pada daun (Suanda, 2021). Spodoptera sp. menjadi hama utama penyebab kerusakan daun dan bunga tanaman stroberi dan hama keong perusak buah stroberi (Suanda, 2023a; Suanda *et al.*, 2023). Ulat grayak merusak daun tanaman dengan gejala daun tanaman menjadi berlubang, robek atau terpotong (Cahyono, 2006) (Gambar 9.1), serangga pada tanaman pare dan tanaman terung ditampilkan pada Gambar 9.2).



Gambar 9.1. Larva *Spodoptera litura* merusak daun dan Bunga Stroberi. (Sumber: Suanda, 2023)

9.3.2 Predator

Predator adalah organisme pemakan organisme berstatus hama yang menjadi sumber pakannya, sehingga bermanfaat sebagai agensia pengendalian hayati (Habazar dan Yaherwandi, 2006). Predator memiliki kemampuan mengejar mangsa (serangga hama) sangat cepat, mampu mencari mangsa sampai tempat tertentu, memakan mangsa dalam berbagai stadium dan memangsa beberapa jenis serangga bersifat hama (Hendrival, *et al.*, 2011). Predator polifag seperti *Xysticus fervidus* memiliki peran penting dalam pengendali populasi serangga hama. Tubuh

predator berukuran lebih besar dengan masa hidup lebih lama dari mangsanya, walaupun habitat hidup tidak mesti sama.

9.3.3 Parasitoid

Parasitoid merupakan organisme berukuran tubuh kecil yang hidup dalam tubuh organisme lain memiliki ukuran tubuh lebih besar. Organisme yang ditumpangi berperan sebagai inang atau host. Keberadaan parasitoid dalam tubuh inang berimplikasi terhadap penurunan daya hidup sampai menimbulkan kematian inang secara perlahan-lahan, maka bersifat parasit. Interaksi berupa mengisap cairan tubuh inang yang terjadi antara parasitoid dengan inang dinamakan parasitasi (Junaedi *et al.* 2016). Parasitoid menyerang setiap fase hidup inangnya (serangga), saat fase telur, larva, nimfa, pupa sampai imago (dewasa). Adakalanya parasitoid menyerang parasitoid jenis lain dengan menjadikan sebagai inang, peristiwa ini dinamakan hiperparasitasi. Parasitoid memiliki kisaran inang relatif sempit dibandingkan predator, namun memiliki kelangsungan hidup tinggi, karena kebanyakan bersifat monofag atau oligofag. Kondisi ini mendukung populasi parasitoid mampu bertahan meskipun pada aras populasi rendah.

Parasitoid mendapatkan makanan bersumber dari inang selama hidup dan melakukan proses hidup, seperti reproduksi. Serangga betina biasanya mencari inang untuk meletakkan telur. Jadi kehidupan parasitoid berlangsung dalam tubuh inang selama inang masih hidup sampai menimbulkan kematian (Sopialena, 2018). Hidup parasitoid ada pada inang yang spesifik (monofag), namun ada yang bersifat oligofag yaitu menyerang inang tertentu (non spesifik) (Oktaviana, 2020). Oleh karena itu dapat dibedakan parasitoid primer, perilakunya menyerang inang utama dan parasitoid sekunder bila keberadaannya menyerang parasitoid primer. Keuntungan pemanfaatan parasitoid dalam pengendalian, misalnya: *Trichogramma* sp. bersifat parasit pada telur serangga hama dari ordo Lepidoptera, Coleoptera dan Diptera. Pelepasan

Trichogramma sp. sebagai pengendali hayati dapat mengurangi penggunaan insektisida kimia sintetis, kompatibel, efisien, menjaga keragaman hayati dan berkelanjutan (Suanda, 2023a).

9.3.4 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati pada serangga hama merupakan salah satu bagian pengendalian hama terpadu berbasis organisme hidup (biotik) yang lebih menekankan pada aktivitas predator, parasitoid dan entomopatogen sebagai musuh alami untuk menjaga keseimbangan populasi organisme pengganggu tanaman berada di bawah ambang ekonomi. Pengendalian menggunakan bioinsektisida atau insektisida nabati, memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai komponen dasar pengendalian dapat dikategorikan sebagai bentuk pengendalian hayati (Amalia *et al.*, 2022). Ketersediaan sumber daya hayati tumbuhan berpotensi sebagai sumber bahan pestisida atau insektisida menjadi peluang sekaligus tantangan untuk diteliti serta dikembangkan (Suanda, 2021; Suanda *et al.*, 2023)

Pengendalian alami merupakan pengendalian melibatkan dari hasil kegiatan abiotik dan biotik dalam mengatur kepadatan populasi serangga. Misalnya: populasi serangga meningkat pada saat musim kemarau dan menurun saat musim hujan dan dipengaruhi ketinggian tempat serta faktor abiotik dan biotik (entomopatogen) serta ekosistem lainnya. Hal inilah membentuk kelompok serangga general (hidup menyebar luas) dan serangga spesifik (hidup di areal spesifik). Entomopatogen, meliputi : jamur, bakteri, nematoda dan virus memiliki aktivitas menginfeksi serangga terutama hama, sehingga pengendalian ini berkembang dalam pertanian berkelanjutan, contoh: *Bacillus thuringiensis*. *Bacillus thuringiensis* (Bt) adalah bakteri bersifat entomopatogen, karena mampu memproduksi kristal protein toksik (*δ -endotoksin*) bermanfaat sebagai bioinsektisida.

9.3.5 Perangkap

Pengendalian serangga hama menggunakan perangkap, seperti perangkap warna kuning sebagai atraktan telah berkembang dalam menjaga kesehatan produk dan lingkungan. Perangkap serangga ini dapat menurunkan pemakaian insektisida kimia sintetis yang berdampak negatif pada kesehatan petani, konsumen, ternak dan lingkungan (Suanda, 2021; Suanda, 2023a). Perangkap yang dipasang dalam kebun berupa perangkap warna kuning, karena serangga sangat peka dan suka terhadap warna kuning, sehingga mendatanginya sebagai stimulus (Gambar 9.2). Lukmanul *et al* (2016) melaporkan perangkap kuning mudah diterima dan direspon menarik bagi jenis lalat buah, lalat bibit dan kutu daun. Perangkap berwarna merah menarik serangga jenis lalat buah, kapar, kutu daun dan kepik hijau, sedangkan perangkap berwarna hijau memiliki daya tarik untuk datang bagi jenis lalat buah, lalat bibit dan kutu daun. Ketinggian dan lokasi pemasangan perangkap juga mempengaruhi kehadiran serangga hama. Hal ini dibuktikan penulis pada perangkap warna kuning yang dipasang di areal dekat tanaman inang memberikan populasi hama terjerat lebih banyak.



Gambar 9.2. Perangkap Warna Kuning di areal Hidroponik Tanaman Stroberi. (Sumber: I Wayan Suanda, 2023a)

9.4 Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan sebagai jawaban dalam pengelolaan lingkungan yang banyak dikhawatirkan dewasa ini. Keberlanjutan pertanian dapat terjaga dengan menerapkan pertanian organik yang bersumber dari bahan organik dalam kegiatan pertanian. Pertanian organik tidak bisa dilepaskan dari usaha berdimensi ekonomi, dimensi sosial dan dimensi lingkungan. Oleh karena itu pertanian organik bukan meniadakan sama sekali penggunaan bahan sintesis, namun lebih menekankan pada pemanfaatan sumber daya alam dapat meningkatkan penghematan yang menjamin keberlanjutannya. Keanekaragaman serangga predator dalam suatu ekosistem memiliki nilai penting dalam budidaya pertanian berkelanjutan (Dewi *et al.*, 2016). Keberadaan serangga predator dan parasitoid dapat meningkatkan aktivitas musuh alami dalam pengendalian hama saat kondisi lingkungan seimbang, sehingga memerlukan monitoring secara kontinyu. Dalam monitoring dilakukan pengamatan populasi serangga hama dan kerusakan diakibatkan, bila ada musuh alami perlu juga sebagai catatan sebagai data. Data yang telah dikumpulkan dianalisis selanjutnya dicocokkan dengan data ekosistem yang memiliki skor ambang ekonomi (AE) dan ambang kendali (AK). Berdasarkan hasil analisis mendapatkan hasil yang dijadikan kesimpulan sebagai pertimbangan langkah kebijakan perlu dilakukan (Suanda *et al.*, 2023).

Dalam pertanian berkelanjutan, aspek ekonomi ditunjukkan dengan meningkatnya penghasilan petani dibarengi produksi pertanian secara kontinyu agar tercapainya kecukupan kebutuhan secara berkelanjutan. Ditunjukkan terjadinya mekanisme alami, berupa predatisme, parasitisme, patogenitas, persaingan intraspesies dan interspesies, produktivitas, stabilitas dan keanekaragaman hayati fauna dan flora (Herlinda *et al.*, 2020) Hasil pertanian sangat dipengaruhi faktor abiotik, seperti: cuaca, iklim, angin dan lainnya sehingga produksi menjadi fluktuatif. Misal

di saat musim hujan tanaman stroberi berbuah sedikit dan sebaliknya di musim kemarau buah stroberi melimpah. Untuk mengantisipasi produksi pertanian yang dinamis ini memerlukan teknologi pascapanen sebagai alternatif pengolahan hasil pertanian menjadi produk yang mampu disimpan lama dengan nilai lebih tinggi (Suanda, 2023a). Jadi dalam pertanian berkelanjutan juga diantisipasi harga produk pertanian secara ekonomi menjadi stabil menjadikan pendapatan petani tetap tinggi.

Pola hidup sehat masyarakat yang akrab dengan mengkonsumsi produk berasal dari pertanian organik menimbulkan daya tarik bagi produsen dan konsumen. Melihat tren masyarakat mengkonsumsi produk sehat tanpa merusak lingkungan memberikan gairah untuk mengembangkan pertanian berwawasan lingkungan dan berkelanjutan (Suanda *et al.*, 2022). Program penyelamatan kehidupan manusia dan lingkungan memerlukan dukungan dan partisipasi para pihak termasuk pemerintah melalui kebijakan dan peraturan yang mendukung. Pengembangan produk pertanian sehat melalui kegiatan pelatihan, pendampingan dan pembentukan kelompok kerja telah banyak dilakukan di masyarakat, seperti misalnya: kelompok pertanian biodinamik, yaitu pertanian sehat berbasis menjaga keselarasan alam beserta ekosistem (Gambar 9.3). Pengembangan biodinamik dalam bentuk pupuk hayati, dimana stater (aktivator) mikroba diambil dari kotoran sapi (kohe) dalam tanduk sapi betina yang telah melahirkan (sudah menyusui anaknya) (Gambar 9.4). Dalam pertanian biodinamik mengedepankan kegiatan pertanian dan peternakan berlandaskan sistem “kertamasa” terintegrasi.



Gambar 9.3. Penerapan Pertanian Biodinamik menggunakan Kohe Sapi pada tanaman oleh Petani. (Sumber: I Wayan Suanda)



Gambar 9.4. Pertanian Biodinamik dari Kohe Sapi di Inkubasi dalam Tanduk Sapi
(Sumber: I Wayan Suanda)

9.5 Kedudukan Serangga Dalam Kehidupan Manusia

Serangga memiliki wilayah penyebaran sangat luas, ditemukan di beberapa tempat termasuk di darat, di laut maupun di udara. Persebaran yang luas ini menyebabkan keberadaan serangga sebagai hewan paling dominan dalam filum Arthropoda. Keadaan ini disebabkan kemampuan serangga beradaptasi disegala kondisi lingkungan. Kehidupan serangga ada yang memberikan keuntungan dan tidak sedikit pula merugikan kehidupan manusia. Persebaran serangga dipengaruhi kondisi lingkungan (fisikokimia) dan predator serta kompetisi antar serangga sebagai pembatas keanekaragaman jenis serangga. Aplikasi insektisida kimia sintetis di lahan pertanian berdampak signifikan terhadap keanekaragaman jenis serangga. Keanekaragaman serangga yang minim menimbulkan ketidak seimbangan dalam ekosistem, karena ada jaring-jaring makanan yang tidak berjalan baik.

Serangga telah banyak menjadi objek penelitian, baik dalam katagori menguntungkan maupun merugikan. Pendekatan yang dilakukan untuk menentukan serangga berpotensi sebagai bioindikator, berupa pengkajian daya toleransi satu jenis serangga terhadap kondisi lingkungan serta tingkat sensitifitas dan daya toleransi serta adaptasi terhadap lingkungan (Kalor *et al.*, 2018). Ada serangga yang tidak berpengaruh terhadap faktor habitat hidupnya termasuk spesies general, sehingga memiliki daya penyebaran sangat luas. Kelompok serangga ini mudah dikembangkan untuk pemanfaatan yang lebih berguna. Kelompok serangga spesies spesialis, memiliki sensitifitas dan kerentanan pada habitat lingkungan tertentu. Perbedaan kelompok serangga ini dapat dijadikan panduan dalam bioindikator lingkungan. Karakteristik lingkungan yang bervariasi dan potensi gangguan berdampak terhadap distribusi penyebaran jenis serangga (Taradiphaa *et al.*, 2019)

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D.S; Suriani, N.L; Suartini, N.M; Suanda, I.W. Rusdianasari and Sumawati. 2022. Insecticide for *Plutella xylostella* L. on Pakcoy Plants (*Brassica rapa* L.) The Effectiveness of Piper caninum (Von. Blume) Leaf Extract As a Botanical Insecticide for *Plutella xylostella* L. on Pakcoy Plants (*Brassica rapa* L.). Biology Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Udayana University, Bali, Indonesia Eastern Journal of Agricultural and Biological Sciences (EJABS); 2(3): 31-37.
<https://drive.google.com/file/d/1nHXX4Z0vbGnVwo41OLzCN2l0zoA2wXFL/view?usp=sharing>
- Afriani, D; Windriyanti, W dan Wiyatiningsih, S. 2020. Perilaku Polinator *Elaeidobius kamerunicus* Faust (Coleoptera: Curculionidae) Pada Pembungaan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Plumula : Berkala Ilmiah Agroteknologi*; 8(2): 56-66.
- Dewi, B; Hamidah, A dan Siburian, J. 2016. Keanekaragaman dan Kelimpahan Jenis Kupu-Kupu (lepidoptera; rhopalocera) di sekitar Kampus Pinang Masak Universitas Jambi. *J. Biospecies*; 9(2): 32-38.
- Fardani, D.K; Santi, I.S; dan Tarmadja, S. 2020. Kajian Seranga Pengunjung Bunga *Antigonon leptopus* Diperkebunan Kelapa Sawit. *Journal Agroista*; 4(1): 19-28.
- Gámez-Virués, S; Perovic, D.J; Gossner, M.M; Börschig, C; NicoBlüthgen, N; De Jong, H; Simons, K.N; Klein, A.M; Krauss J, Maier G, Scherber C, Steckel J, Rothenwöhrer C, Steffan-Dewenter I, Weiner CN, Weisser W, Werner M, Tscharnkte T, Westphal C. 2015. Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. *Nature Communications*. Doi: 10.1038/ncomms9568.

- Herlinda, S; Prabawati, G; Pujiastuti, Y; Susilawati; Karenina, T; Hasbi and Irsan, C. 2020 Herbivore insects and predatory 15 arthropods in freshwater swamp rice field in South Sumatra, Indonesia sprayed with bioinsecticides of entomopathogenic fungi and abamectin. *J. Biodiversitas*; 21(8): 3755–3768.
- Doi: 10.13057/biodiv/d210843
- Hendriani; Hidayat, P dan Nurmansyah, A. 2011. Keanekaragaman dan Kelimpahan Musuh Alami *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Pada Pertanaman Cabai Merah di Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Hadi, M; Tarwodo, U dan Rahadian, R. 2009. Biologi Insekta Entomologi. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Habazar, T. dan Yaherwandi. 2006. Pengendalian Hayati Hama dan Penyakit Tumbuhan. Andalas University Press. Padang.
- Ilhamiyah, I; Ni'mah, G.K; Zuraida, A dan Widaningsih, N. 2020. Sosialisasi dan Pemanfaatan Tanaman Refugia Sebagai Alternatif Pengendali Hama Tanaman. *Jurnal Pengabdian Al-Ikhlas*; 6(1): 10-22.
- Junaedi, E; Yunus M dan Hasriyanty. 2016. Jenis dan Tingkat Parasitasi Parasitoid Telur Penggerek Batang Padi Putih (*Scirpophaga Innotata* Walker) Pada Pertanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) di Dua Ketinggian Tempat Berbeda di Kabupaten Sigi. Universitas Tadulako. Palu. *e-J. Agrotekbis*; 4(3): 280-287.
- Karenina, T; Irsan, C; Pujiastuti, Y; Hasbi; Suparman; Lakitan, B; Hamidson, H and Umayah, A. 2020. Community structure of arboreal and soil-dwelling arthropods in three different rice planting indexes in freshwater swamps of South Sumatra, Indonesia. *J. Biodiversitas*; 21(10): 4839–4849. Doi: 10.13057/biodiv/d211050.

- Kalor, J.D; Dimara, L; Swabra, O.G dan Paiki, K. 2018. Status Kesehatan dan Uji Spesies indikator Biologi Ekosistem Mangrove Teluk Yotefa Jayapura. *Biosfera*; 35(1): 1-9. Doi: 10.20884/1.mib.2018.35.1.495.
- Lukmanul, H dan Surya, E.A.M. 2016. Pengendalian Alternatif Hama Serangga Sayuran dengan Menggunakan Perangkap Kertas. *Jurnal Agro*; 3(2): 21–33.
- Oktaviana, R.M.2020. Keanekaragaman Serangga pada Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) di Areal Persawahan Desa Jorlang Hataran, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Priwiratama, H; Pradana, M.G dan Susanto, A. 2020. Kemunculan kembali Ulat Api *Narosa rosipuncta* Holloway (Lepidoptera: Limacodidae) dan pengendaliannya di perkebunan kelapa sawit Sumatera Utara. *Warta PPKS*; 2(2): 86–91.
- Price, P.W. 1997. Insect Ecology. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Rahayu, E; Rizal, S dan Marmaini, 2021. Karakteristik Morfologi Serangga Yang Berpotensi Sebagai Hama Pada Perkebunan Kelapa (*Cocos Nucifera* L) Di Desa Tirta Kencana Kecamatan Makarti Jaya Kabupaten Banyuasin. *Jurnal Indobiosains*: 3(2): 39-46.
- https://univpgri-palembang.ac.id/e_jurnal/biosains
- Rahayu, G.A. 2016. Keanekaragaman dan Peranan Fungsional Serangga pada Area Reklamasi di Berau, Kalimantan Timur [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suanda, I.W. 2023a. Stroberi Sehat “Petik Langsung Trend Agrowisata. Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Denpasar. Penerbit: PT Global Eksekutif Teknologi. Padang, Sumatra Barat. 68 hal.
- <https://globaleksekutifteknologi.co.id/stroberi-sehat-petik-langsung-trend-agrowisata/>
- https://drive.google.com/file/d/1d_3AlBy9CdPPql8qx fhjEddbZVeNI nzd/view?usp=sharing

- Suanda, I.W. 2023b. Dasar-Dasar Ilmu Hama Tanaman. Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Denpasar. Penerbit: PT Global Eksekutif Teknologi. Padang, Sumatra Barat.
<https://drive.google.com/file/d/1889hOWnaGwi6blQ8YCiDCCt6js tiwTVN/view?usp=sharing>
- Suanda, I.W; Martanto, E.A; Iriani, F; Nurhayati; Farni, Y; Wirda, Z and Sutiharni. 2023. Integrated pest control strategy (IPM) corn cob borer (*Helicoverpa armigera* Hubner): Fertilization and weeding control. Department of Biology Education, University of PGRI Mahadewa Indonesia, Bali, Indonesia. *Caspian Journal of Environmental Sciences*; 21(2): 395-402.
 DOI: 10.22124/CJES.2023.6532
https://cjes.guilan.ac.ir/article_6532_7bbf86c99b3607b8307c0d782242861d.pdf
https://drive.google.com/file/d/1RQyQuEwhgFQ_ohczQkeGqXJnR7DNmFQ/view?usp=sharing
- Suanda, I.W; Kartika, I.M; Sukendra, I.K dan Widnyana, I.K. 2022. Pemberdayaan Masyarakat untuk Meningkatkan Pendapatan dalam Budidaya Stroberi Sehat dan Ramah Lingkungan. Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Denpasar. Jurnal Pengabdian Masyarakat Bestari (JPMB); 1(7): 669-682.
 DOI: <https://10.55927/jpmb.v1i7.1629>
<https://journal.formosapublisher.org/index.php/jpmb/article/view/1629/1293>
- Suanda, I.W. 2021. Manisnya Brotowali sebagai Fitofarmasida. Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Denpasar. Penerbit Klik Media. Lumajang, Jawa Timur. 193 hal.
https://drive.google.com/folderview?id=14LFZTSDwsgqORvHx0p hf_Z6NFo6TUBz-

- Suanda, I.W. 2020. Bioteknologi Pertanian Mendukung Pertanian Berkelanjutan dalam Book Chapter Pertanian Berkelanjutan Sebuah Pendekatan Konsep dan Praktis. Penerbit: Swasta Nulus. 178 hal
<https://drive.google.com/file/d/13MOryloskcY-b-W8ZhMX3X1zSunsJPDX/view?usp=sharing>
- Sopialena., 2018. Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba ISBN: 978-602-6834- XX-X © 2018. Mulawarman University Press.
- Taradiphaa, M.R.R; Rushayatib, S,B dan Hanedac, N.F. 2019. Karakteristik Lingkungan Terhadap Komunitas Serangga. a Program Studi Konservasi Biodiversitas Tropika, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*: 9(2): 394-404.
<http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.9.2.394-404>
- Vu, L.V. 2009. Diversity and Similarity of Butterfly Communities in Five Different Habitat Types at Tam Dao National Park. Vietnam. *Jurnal of Zoology*; 277(1): 15-22
- Wang, W; Xing, Z; Li, W and Yang, X. 2017. Study on Diversity of Undergrowth Plant Community in Cibagou Nature Reserve. Xizang Agriculture and Animal Husbandry College. Nyingchi. China. *American Journal of Plant Scinece*; 8(9).
 Doi: 10.4236/ajps.2017.89144

BAB 10

ANATOMI SERANGGA

Oleh Jernita Sinaga

10.1 Pendahuluan

Arthropoda merupakan serangga yang memiliki bentuk tubuh dan kakinya yang beruas-ruas (berbuku-buku), Golongan jenis hewan arthropoda mempunyai jumlah species dan individu paling besar. Secara umum tubuh arthropoda bersegmen, exoskeleton yang disebut juga kulit luar/ kerangka bagian luar keras, yang bersumber protein dan chitin bagian serangga. Tungkai disebut kaki bersendi. Tubuh ada dilapisi kutikula. Sensoris pada arthropoda terdiri dari mata, reseptor pembau dan antena sebagai peraba, untuk mendeteksi situasi lingkungan sekitarnya. Struktur tubuh serangga dapat berfungsi untuk membedakan jenis serangga. Struktur tubuh serangga dibagian dalam 2 struktur besar yaitu: struktur eksternal dan struktur internal. (Marlinae Lenie, dkk, 2021)

Serangga hidupnya singkat dan keturunan sangat besar, serta struktur tubuh eksternal merupakan ciri dari pada serangga dan struktur internal disebut juga fisiologi serangga yang unik, merupakan sebagai objek penting pada temuan penelitian bidang entomologi, biologi, kedokteran. Serangga merupakan hewan yang khusus karena hewan yang mempunyai kerangka tubuhnya berada bagian luar yang merupakan ciri utama dari pada arthropoda tersebut, saraf memanjang yang berada pada bawah tubuh, organ hatinya disebelah atas saluran pencernaan. Paru-paru tidak ada, bernapas pada dinding tubuhnya di samping kepala disebut trakea (Puspawati Catur, 2019)

Serangga beragam, jumlah spesies antara 6 s/d 10 juta, berpotensi mewakili lebih dari 90% bentuk hewan di bumi, merupakan species terbesar. (Lopes Yos F.da, dkk, 2016)

10.2 Anatomi Serangga

Mendeterminasi suatu spesimen atau organisme berdasarkan ciri-ciri morfologi dari pada serangga dapat dilakukan dengan cara identifikasi. Melakukan identifikasi bertujuan untuk mengetahui perbedaan suatu genus atau jenis/spesies suatu serangga yang satu dengan yang lainnya dengan membedakan ciri-ciri anatomi serangga, struktur bagian tubuh serangga, morfologi serangga dan fisiologi serangga.

Serangga disebut jenis insekta (insecta) atau heksapoda (hexapoda). Insekta berasal dari kata *insecare* artinya memotong , maka insekta artinya binatang yang bentuk badannya terdiri dari segmen-segmen (terpotong-potong). Hexapoda artinya binatang berkaki enam. Semua serangga merupakan salah satu kelas avertebrata (tidak bertulang belakang) yang memiliki sayap, dalam filum artropoda yang memiliki eksoskeleton berkitin, tiga pasang kaki pangkal, mata majemuk, sepasang antena. Proses bagian eksternal serangga seperti sayap dapat berevolusi, serangga merupakan penambahan sepasang tungkai (Wahyuni Denai, dkk, 2017)

Warna kerangka luar serangga bervariasi, beberapa warna gemerlap berwarna-warni, seperti perhiasan menjadi inspirasi para seniman. Jenis serangga kupu-kupu indah, hampir semua jenis warna dimiliki oleh serangga terutama kupu-kupu. Ada jenis kupu-kupu harus dilindungi, *Ornithoptera paradisea* dan *Ornithoptera goliath* terdaftar di CITES (*Convention on International Trade in Endangered species of Wild Fauna and Flora*) supaya tidak punah (Lopes Yos F.da, dkk, 2016)

Serangga termasuk kelompok yang dikatakan keanekaragaman dan kelimpahan, mereproduksi mampu

berregenerasi dalam perbulan hingga satu tahun. Kemampuan menjaga eksistensi karena dapat terbang. Hewan yang dapat terbang dapat bebas dari predator (mangsa), persaingan hidup dilingkungan, species yang besar sehingga dapat menemukan pasangan yang menguntungkan terhadap sesama species dengan habitat baru jauh lebih cepat ditemukan (Cahyani Putri, dkk, 2020).

Keanekaragaman serangga dapat disederhanakan dengan taksonomi agar dapat menyederhanakan keanekaragaman dalam ke dalam suatu sistem yang mudah dipahami. Secara umum taksonomi serangga terdiri atas:

Kingdom – Kelas – Subkelas – Ordo – Subordo – Famili – Subfamili – Genus – Subgenus – Spesies – Subspesies. Kategori terpenting yaitu species yang berarti jenis. Serangga dapat dikategorikan species apabila memenuhi syarat sebagai berikut : dapat berkembang biak dan menghasilkan individu yang fertil, pembiakan secara reproduktif terisolasi dari kelompok lain dan mempunyai struktur yang sama. Taksonomi serangga menurut Linnaeus secara garis besar yaitu: Kingdom animalia, filum arthropoda, subfilum hexapoda, kelas insecta. Penamaan serangga biasanya mengikuti standar Code of zoological nomenclature. Nama species terdiri atas dua kata, yaitu nama genus dan nama spesifik, misalnya nyamuk sebagai vektor demam berdarah dengan nama *Aedes aegypti* (genus *Aedes*, spesifik *aegypti*). Contoh taksonomi *Aedes*, kingdom animalia, filum arthropoda, kelas insecta, ordo diptera, famili culicidae dan genus *aedes*. (Puspawati Catur, 2019)

10.3 Anatomi Eksternal Tubuh Serangga

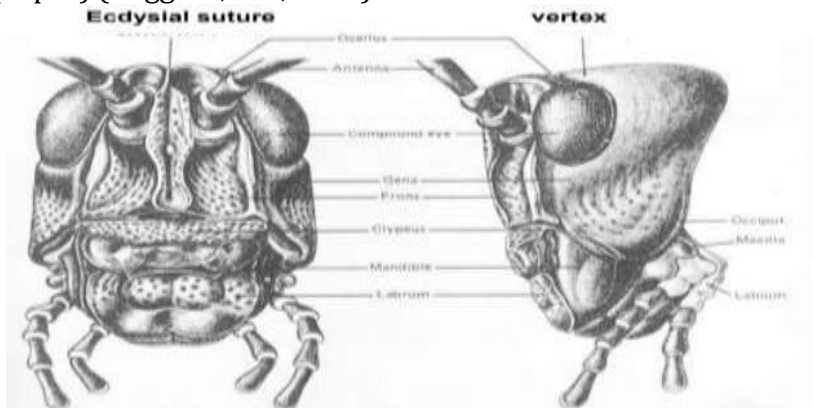
Anatomi serangga merupakan kajian tentang susunan organ tubuh dari serangga. Serangga mempunyai exoskeleton yang keras dibuat dari kitin untuk menopang dan melindungi badan. Serangga memperlihatkan suatu diversitas yang besar dalam bentuknya, mendeskripsikan bagian struktur tubuh serangga, mempunyai tiga bagian tubuh yang berbeda dengan bervariasi

ukuran tubuhnya. Tubuh terbagi menjadi tiga bagian yaitu kepala (Caput), dada (thorax) dan perut (abdomen) (Marlinae Lenie, dkk, 2021).

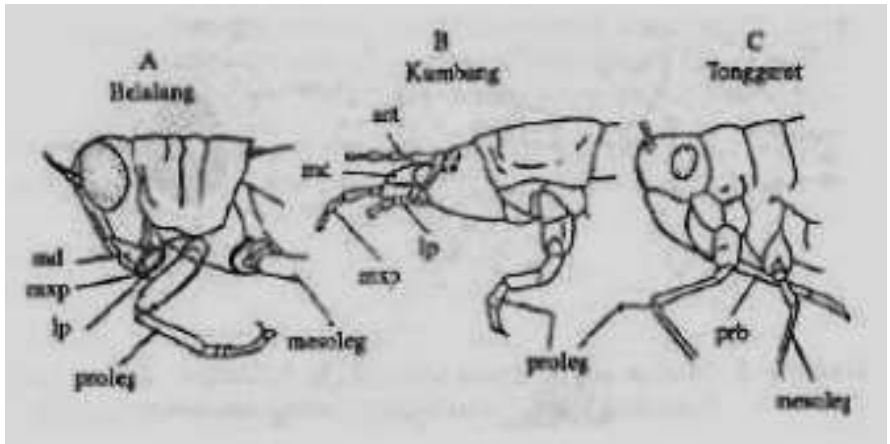
Pada bagian kepala terdapat alat mulut dari setiap jenis bagian mulut yang berbeda dan indera dari serangga berbeda seperti antena, palpus dan mata. Bagian thorax terdapat ciri serangga pada bagian tengah ada kaki-kaki dan sayap-sayap (serangga jenis bersayap). Abdomen disebut juga perut, posterior ruas-ruas terdapat tympanum dan alat genitalia (Puspawati Catur, 2019)

10.3.1 Kepala

Pada bagian kepala merupakan bagian tubuh anterior yang mempunyai kapsul, bentuk kepala bervariasi berkaitan dengan teknik memakan makanan baik menghisap, mengunyah, berfungsi dalam hal sensoris, pada kepala serangga dewasa, sepasang antena alat penciuman kemoreseptor, mulut sepasang mandibula, maksila di sebut bibir atas (labrum), bibir bawah (labium) tergantung bentuk mulut pengunyah kepala besar menghadap ke bawah, pencucuk atau pengisap kepala kecil bervariasi serta organ perasa (palpus) (Anggrini, dkk, 2021)



Gambar 10.1. Anatomi bagian Kepala dari pada serangga (Anggrini, dkk, 2021) (Puspawati Catur, 2019)



Gambar 10.2. Posisi kepala serangga berdasarkan letak arah alat Mulut. (a) Hypognathus, (b) Prognathous, (c) Opistognathus (Anggrini, dkk, 2021) (Puspawati Catur, 2019)

10.3.2 Mata

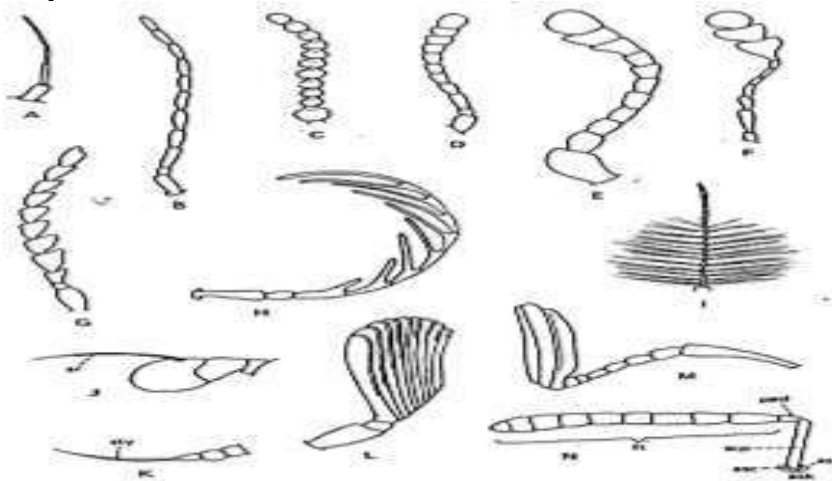
Serangga yang pertumbuhan sudah proses dewasa dan nimfa ada ocellus atau mata sederhana. Mata jenis majemuk besar, terletak dorsolateral diatas kepala. Indera individual disebut ommatidium (um). Jumlah ommatidium bervariasi setiap serangga, ommatidium satu lensa dan sel perasa seperti getaran yang cepat, yang dapat merasakan kehidupan bila berada di lingkungan dan dapat melihat bayangan (imajinasi) gambar, ommatidium melihat pandangan mozaik (Herlinda Siti, dkk, 2021)

Mata sederhana ocelli (us) di dorsal kepala, ocelli bervariasi, mata sensitif pada cahaya (gelap dan terang), bertindak stimulasi dalam reaksi terhadap perubahan-perubahan iluminasi. Organ visual stemma dijumpai, metamorfosis sempurna. Stemmata tunggal 1 – 6 stemma pada bagian kepala. Struktur dan fungsi stemma rangsangan cahaya dan ommatidium bayangan. Larva ada stemma persepsi lemah, gerakan kepala dan sisi ada respon persepsi lebih rinci (Wahyuni Denai, dkk, 2017)

10.3.3 Antena

Serangga dewasa memiliki sepasang antena, terletak di anterior kepala berdekatan dengan mata, beberapa larva serangga antenanya tereduksi dengan fungsi utama sebagai indera (sensory). Tipe rambut kecil (sensilla) ada pada antena, rangsangan fisik (tactile), penciuman dengan pembau, mengetahui tekanan suhu dan kelembapan, mendengar suara. Antena dapat berproses birahi (mating), antena bentuk sisir pada ngengat (moth) jantan, penciuman dengan bau (feromon) dikeluarkan betina pada species sama mencari perhatian dalam birahi (Lopes Yos F. da, 2015)

Pada antena ada dimorfisme seksual, antena jantan lebih kompleks dan rumit bila dibandingkan betina. Antena merupakan ciri anatomi serangga, variasi dengan ukuran dan bentuk berbeda setiap jenis. Tipe antenna yang paling umum filiform, setaceus, moniliform, clavatus, serratus, capitatus, geniculatus, lamellatus, pectinatus, anistatus, stylatus dan plumose (Herlinda Siti, dkk, 2021)



Gambar 10.3. Tipe-Tipe Antena

Keterangan: A, setaseus (capung). B, filiform (kumbang tanah). C, moniliform (kumbang keriput kulit kayu). D, gada (kumbang hitam Tenebrionidae). E, gada (kumbang lady bird, pemakan aphid). F, kapitat (kumbang penghisap cairan tumbuhan). G, serrata (kumbang loncat balik). H, pektinata (kumbang warnaapi). I, plumose (plumose (nyamuk jantan). J, arista (lalat syrphid). K, stilat (lalat penyelinap). L, flabelat (kumbang sadar). M, lamelat (berbuku-buku, kumbang Juni). N, genikulat (Chalcid). Antena-antena seperti pada D-F, L dan M juga disebut gada.ar, arista; as, lekuk antena; ask, mangkuk antena; fl, flagellum; ped, pedisel; scp, batang dasar; sty, stili. (Herlinda Siti, dkk, 2021) (Lopes Yos F. da, 2015)

10.3.4 Alat Mulut

Mulut merupakan tipe serangga dengan teknik makan dan juga dapat dilihat dengan adanya kerusakan pada lingkungan, tipe mulut bervariasi digunakan pengklasifikasian serangga. Alat mulut dua tipe utama mengunyah dan pencucuk-pengisap. Mengunyah pada serangga dengan ordo-ordo primitif, seperti orthoptera (belalang, kecoak) dan thysanura (kutu buku). Mengunyah mandibula, bergerak lateral dan tersklerisasi, Mengunyah memperlakukan mekanannya cara menggigit dan mengunyah (Wahyuni Denai, dkk, 2017)

Alat mulut pencucuk dan pengisap tanpa cecuk yang menyerupai tongkat dengan nama prombosis diadaptasikan mencucuk bagian yang akan dihisap berupa cairan. Bentuk pencucuk, pengisap ordo homoptera, hemiptera, anoplura dan diptera. Struktur dan teknik makan, pencucuk pengisap bervariasi di beberapa kelompok serangga. Cecuk seperti tongkat dengan perluasan labium memanjang seperti pedang dan tabung. Labium ada sepasang stylets, ramping halus mirip dengan jarum (mandibula) dan maxillary stylets. Mandibula dan stylets memotong lubang kecil di jaringan yang akan dihisap, sepasang

maxillary stylets ditancapkan ke dalam lubang jaringan. Maxillary stylets membentuk lubang dan saluran makanan. Mudah mengekstraksi cairan jaringan tanaman (Anggrini, dkk, 2021)

10.3.5 Dada (Thorax)

Thorax atau dada merupakan bagian tubuh serangga yang terletak antara kepala dan abdomen terdiri dari tiga, prothorax (pronotum), mesothorax (mesonotum) dan metathorax (metanotum) thorax memiliki sepasang kaki yang fungsi utama dari thorax sebagai jangkar pada kaki dan sayap yang ada pada mesothorax dan melekat di metathorax. Spirakulum menyerupai celah dan sistem pernapasan berada di sisi thorax. Fungsi utama dari thorax untuk tongkat penggerak seluruh bagian tubuh serangga. Ruas thorax sklerit terdiri dari notum disebut juga dorsal, stema (ventral) dan sepasang pleura samping atau tunggal pleuron (Herlinda Siti, dkk, 2021)

10.3.6 Kaki

Kaki untuk berjalan yang berfungsi untuk menggerakkan badan. Kaki memiliki 3 pasang dan ruas dada 1 pasang kaki tersegmentasi, ruas terakhir kaki ada cakar kecil untuk berjalan tetapi ada juga kaki secara khusus diadaptasi meloncat, memegang, berenang dan menggali, sesuai dengan fungsi setiap jenis serangga. Kaki terdiri atas coxa disebut juga ruas pangkal, kecil, sering dua ruas, ujung coxa disebut trochanter, ruas kaki ada femur, ruas kaki berikutnya panjang disebut tibia, bawah tibia disebut tarsus dan pretarsus paling akhir pada ruas kaki, pada bagian telapak kaki terdiri atas claw dan satu atau lebih menyerupai tapak kaki. Tonjolan yang ada pada abdominal tidak beruas-ruas disebut kaki semu atau prolegs, Kaki meloncat ditemukan di species belalang kayu, gangsir, jangkrik memiliki femur kaki belakang besar dan kuat, kaki memegang di belalang sembah disebut tibia, kaki depan membesar, kaki berenang pada species coleopteral hemiptera di air

ada tarsus seperti dayung untuk berenang, menggali orong-orong tibia kaki depan membesar (Cahyani Putri, dkk, 2020)

10.3.7 Sayap

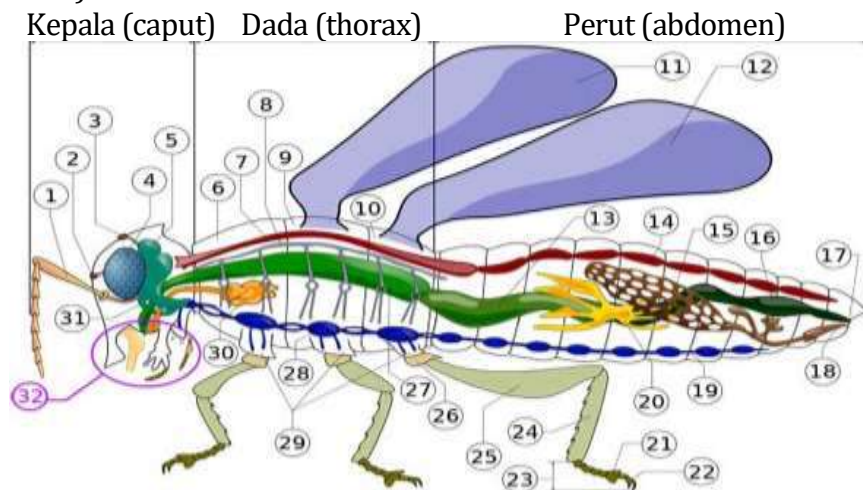
Kebanyakan sayap terletak di dorsolateral pada mesothorax dan metathorax. Sayap bervariasi jumlah, ukuran, bentuk, tekstur, venasi dan posisi menggantung saat istirahat, terdapat di segmen ke 2 dan ke 3 pada toraks. Biasanya sayap serangga memiliki membran tetapi ada serangga, sayap menjadi kasar atau keras dan ada bulu atau sisik kecil. Sayap serangga sangat unik, karena berkembang sebagai skletal, tumbuh keluar dari dinding thorax pengganti dari anggota tubuh serangga. Sayap merupakan kontraksi otot dari thorax. Sayap digunakan untuk terbang menjaga keseimbangan tubuh pada saat hinggap atau terbang di udara. Sayap depan pada kumbang berkembang menebal, keras dan menanduk disebut elytra atau tunggal/elytron seperti baju baja pelindung. Vena sayap sering di identifikasi yang merupakan salah satu ciri taksonomi tubuh karena variasi yang besar dan berbeda-beda (Lopes Yos F. da, 2015)

10.3.8 Abdomen

Abdomen atau perut merupakan bagian posterior. Abdomen merupakan tubuh terakhir, pada bagian perut terdiri 11 segmen, di mana segmen terakhir berubah bentuk (termodifikasi) alat genital (alat kelamin). Alat genetalia bernilai untuk kelompok serangga, khususnya tingkat species dalam membedakan anatomi serangga. Jenis kelamin berbeda dilihat dari struktur genetalia luar. Genitalia betina lengkap bervariasi tingkat species pada struktur. Genitalia betina ada ovipositor meletakkan telur. Abdomen untuk pencernaan, respirasi, ekskresi dan reproduksi, pada serangga betina terdiri dari ovipositor (Cahyani Putri, dkk, 2020)

Walaupun bagian tubuh yang sama setiap species, perbedaan ada setiap jenis serangga berdasarkan struktur

dasarnya seperti sayap, kaki, antena, mulut, bervariasi. Insecta memiliki tubuh yang ditutupi kutikula mengandung zat tanduk sebagai eksoskeleton, pada bagian tubuh setiap serangga terdapat eksoskeleton yang memiliki lapisan kutikula menebal dan mengeras disebut sklerit pelepasan eksoskeleton disebut ekdisis, pelepasan kerangka bagian luar dan terjadi perubahan pada setiap pertumbuhan kerangka sesuai dengan perubahan yang terjadi pada setiap pergantian kerangka muda dan dilanjutkan dengan kerangka dewasa yang disebut dengan (molting) perubahan ukuran, bentuk tubuh dalam siklus hidupnya. Proses perubahan bentuk tubuh selama siklus hidupnya disebut metamorfosis. Tidak semua insecta mengalami metamorfosis. Insecta yang tidak mengalami metamorfosis disebut ametabola (Lopes Yos F. da, 2015).



Gambar 10.4. Struktur Tubuh Serangga
(Puspawati Catur, 2019) (Wahyuni Denai, dkk, 2017)

- | | | |
|-------------------|--------------------|------------|
| 1. Antena | 12. Sayap belakang | 23. Tarsus |
| 2. Ocelli (bawah) | 13. Perut | 24. Tibia |
| 3. Ocelli (atas) | 14. Jantung | 25. Femur |

4. Mata majemuk	15. Ovarium	26. Trochanter
5. Otak(ganglia otak)	16. Perut Belakang	27. Perut Depan
6. Dada Depan (prothorax)	17. Anus	28. Ganglion dada
7. Pembuluh darah dorsal	18. Vagina	29. Coxa
8. Saluran trakea/spirakulum	19. Berkas saraf	30. Kelenjar ludah
9. Dada tengah(mesothorax)	20. Saluran Malpighi	31. Ganglion Subbessofagus
10. Dada Belakang (metathorax)	21. Tungkai dada	
11. Sayap depan	22. Cakar pengait	32. Mulut

10.4 Eksoskeleton/Kerangka Luar Serangga

Tidak semua spesies memiliki struktur penyangga tubuh yang berada di dalam. Serangga adalah contoh hewan yang struktur kerangkanya berada diluar, oleh karenanya dinamakan eksoskeleton dari kata exo = luar dan skeleton = rangka. Eksoskeleton berarti “kerangka luar” Banyak invertebrata memiliki eksoskeleton, serangga adalah kelompok hewan terbesar yang memiliki kerangka luar. Serangga memiliki kerangka luar yang terbuat dari zat yang disebut kitin (Imran Ainun, dkk, 2017)

Eksoskeleton merupakan jenis struktur keras pada serangga yang merupakan untuk menyediakan dukungan struktural bagian tubuh yang membantu pergerakan tubuh dan melindungi organ internal dari pada serangga. Kerangka luar serangga yang disebut dengan eksoskeleton yang merupakan kerangka eksternal seperti kerangka kitin pada arthropoda. Arthropoda seperti serangga (insecta), Crustacea (udang-udangan), Mollusca (siput), arachnida (laba-laba), chilopoda (kelabang) dan diplopoda (kaki seribu) terdiri dari eksoskeleton, eksoskeleton kepiting, lobster, udang, laba-laba, kutu, tungau, kalajengking, terbuat dari kitin (Imran Ainun, dkk, 2017)

Exoskeleton bagian tubuh dan perlindungan ke organ internal seperti sayap melekat pada exoskeleton melalui otot. Exoskeleton tidak tumbuh ketika proses alam pertumbuhan, karena terjadi pergantian beberapa kali selama siklus hidup arthropoda dikenal sebagai molting. Moluska memiliki exoskeleton bentuk pelindung luar yang keras dan melindungi. Exoskeleton moluska senyawa kalsium kecuali kitin. Exoskeleton dari moluska dan reptil tidak ditumpahkan selama pertumbuhan. Exoskeleton mengacu pada kerangka eksternal seperti kerangka kitin pada arthropoda.

Exoskeleton pada tubuh serangga memberikan keuntungan karena rangka luar memberikan perlindungan sekaligus memungkinkan antropoda tetap bergerak secara fleksibel. Exoskeleton biasanya terdiri dari beberapa lapisan, di bagian permukaan luar biasanya adalah lapisan yang keras dan lapisan dalam yang fleksibel bekerja bersama untuk memberikan sejumlah besar perlindungan terhadap predator. Permukaan berlilin pada lapisan paling dalam yang melindungi serangga dari dehidrasi. Kebanyakan artropoda juga memiliki lapisan sekunder yang mencegah terjadinya rusak atau robek. Keuntungan lain dari rangka luar adalah struktur rangka luar memberikan peluang untuk lebih terdiversifikasi, yang berarti proses evolusi dapat berkembang karena struktur pendukung membuatnya lebih mudah bagi serangga untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berubah seiring berjalannya waktu dan perubahan lingkungan. (Lopes Yos F.da, dkk, 2016)

Sementara exoskeleton keras dan kaku, serangga juga memiliki sambungan atau bagian yang dapat ditekuk seperti sendi yang memungkinkan serangga untuk bergerak dengan mudah dan cepat. Exoskeleton pada serangga yang hidup di darat memiliki lubang pernapasan kecil yang disebut spirakel. Seiring bertambahnya usia serangga dengan exoskeleton, bagian dalamnya yang lembut tumbuh yang kerangka luar serangga belum tumbuh,

ketika tubuh lunak serangga menjadi terlalu besar untuk exoskeleton sehingga exoskeleton dapat terbelah dan jatuh, proses ini disebut dengan molting. Tubuh serangga kemudian membentuk kerangka luar baru dan untuk proses pertumbuhan serangga tidak memiliki perlindungan saat kerangka luar baru terbentuk. Exoskeleton pada serangga disebut juga cangkang. Jenis serangga yang memiliki penutup/kerangka luar yang disebut exoskeleton: Earwigs, kumbang, belalang, kecoak dan serangga lainnya memiliki kerangka luar yang terbuat dari zat yang disebut kitin (Marlinae Lenie, dkk, 2021)

10.5 Anatomi Internal Tubuh Serangga

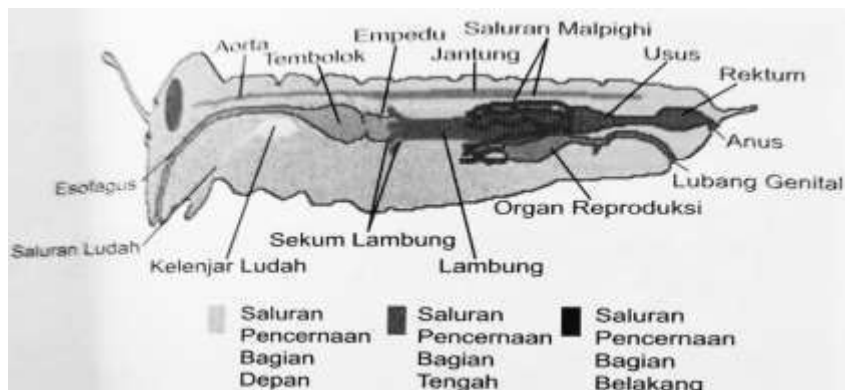
Pencernaan memiliki kelenjar ludah, pernapasan trakea, segmen tubuh ada lubang trakea (spirakel), ekskresi pembuluh malphigi, peredaran darah terbuka, jantung pembuluh, anterior aorta. Jantung pembuluh terdiri dari 5 ruas pada bagian dalam yang disebut internal pada bagian tubuh serangga, dilengkapi dengan lubang (ostia). Jenis darah tidak merah karena tidak mengandung hemoglobin tetapi hemosianin berwarna kuning kebiruan, sistem saraf tangga tali, kepala terdapat otak dan pada ruas ada ganglion. Alat reproduksi terpisah antara jantan dan betina dengan fertilisasi internal (Cahyani Putri, dkk, 2020).

10.5.1 Sistem Pencernaan Serangga

Saluran pencernaan pada serangga berfungsi mencerna makanan yang masuk dalam tubuh melalui reaksi enzimatik, kemudian menyerapnya ke bagian-bagian tubuh lain yang memerlukannya dan membuang sisa-sisa yang tidak dibutuhkan melalui saluran pembuangan (anus). Ada tiga bagian saluran pencernaan pada serangga yaitu foregut/stomodeum (saluran pencernaan bagian depan), midgut/mesenteron (saluran pencernaan bagian tengah) dan hidgut/proctodeum (saluran pencernaan bagian belakang) yang memiliki fungsi berbeda dan

berkesinambungan dalam proses pencernaan makanan (Imran Ainun, dkk, 2017)

Makanan akan disalurkan ke faring dibantu dengan air ludah yang ada pada mulut dan masuk pada saluran pencernaan depan (foregut) berfungsi menghancurkan, menyimpan, menggiling dan mengangkut bahan makanan ke midgut terdapat esofagus, tembolok dan proventrik. Pengisap bentuk faring termodifikasi untuk pompa. Tembolok penyimpanan makanan, pencernaan tengah (midgut) yaitu venrikulus atau lambung penghasil utama enzim pencernaan tempat penyerapan makanan. Pencernaan belakang (hindgut) usus di bagian anterior dan rektum di bagian posterior untuk pembuangan sisa pencernaan air, garam dan molekul berguna lainnya kembali ke dalam tubuh sebelum terjadi pembuangan feses melalui anus (Puspawati Catur, 2019).

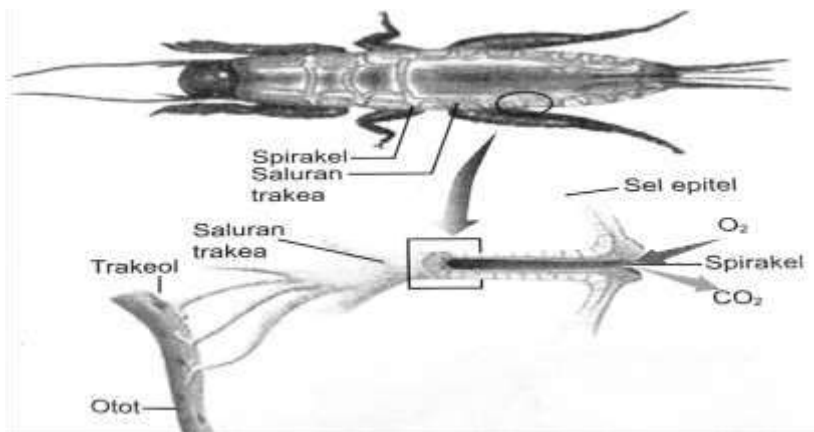


Gambar 10.5. Sistem Pencernaan Serangga
(Puspawati Catur, 2019) (Wahyuni Denai, dkk, 2017)

10.5.2 Sistem Pernapasan Serangga

Sistem alat pernapasan umunya sistem trakea, larva dan nimfa jenis species hidup di air ada bernapas insang trakea atau insang darah. Udara masuk di trakea sampai di spirakel. Spirakel umumnya terdapat pada rongga (atrium), sepasang spirakel pada

setiap ada di sisi lateral ruas toraks ke-2 (dua) dan ke-3(ketiga) serta ke-7(ketujuh) atau ke-8(delapan) ruas abdomen. Pada sistem pernapasan serangga pada saat melakukan penarikan napas ada 4 (empat) pasang spirakel bagian tubuh anterior terbuka dan sisanya di bagian posterior tertutup. Pada waktu mengeluarkan napas dan dapat terjadi sebaliknya dengan demikian terjadi sirkulasi udara pada trakea (Cahyani Putri, dkk, 2020). Sistem pernapasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

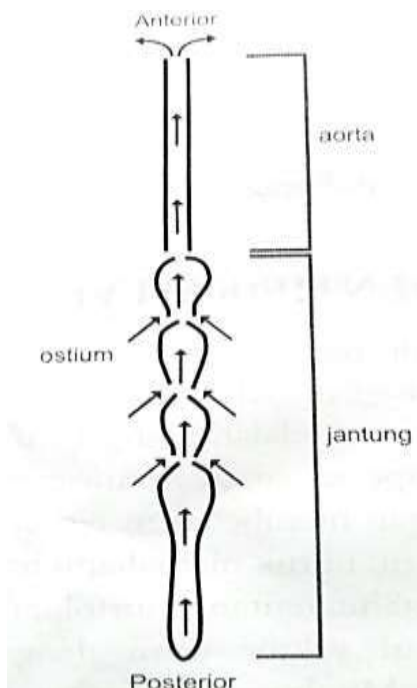


Gambar 10.6. Sistem Pernapasan Serangga (Puspawati Catur, 2019) (Cahyani Putri, dkk, 2020)

10.5.3 Sistem Peredaran Darah Serangga

Peredaran darah serangga berupa hemolin dan organ yang dapat memfasilitasi sirkulasi atau peredaran darah. Darah serangga tidak berwarna merah karena tidak mengandung hemoglobin, darah serangga disebut hemolim. Hemolin adalah cairan ion, molekul dan sel. Hemolin dalam keadaan bening dan tidak berwarna atau mengandung pigmen seperti kuning, hijau atau biru. Lintasan hemolin mengalir melalui rongga tubuh, mengenai organ dan jaringan. Sirkulasi hemolin tersebut langsung melalui sistem pompa otot yang dapat memindahkan hemolin

antar-kompartemen yang dipisahkan oleh membran atau septa fibromuskulat. Pompa utamanya berupa saluran dorsal yang berdenyut. Bagian anterior disebut aorta dan bagian posterior disebut hati. Bentuk jantung seperti tabung panjang pada dorsal yang berada pada sinus perikardium. Darah mengalir sesuai dengan proses peredaran darah ke setiap organ tubuh serangga yang dimulai dari jantung ke bagian aorta anterior tubuh serangga berdasarkan peredaran darah terbuka dari anterior langsung ke posterior yaitu melalui sinus periviseral (Puspawati Catur, 2019).



Gambar 10.7. Sistem Peredaran darah serangga (Puspawati Catur, 2019)

10.5.4 Sistem Saraf Serangga

Sistem saraf pada serangga berfungsi menyatukan berbagai informasi indra eksternal dan informasi fisiologis internal menghasilkan berbagai tanggapan atau tingkah laku serangga. Komponen saraf serangga yang paling utama sel neuron. Neuron terdiri satu sel atau beberapa serat. Serat berupa dendrit yang menerima rangsang dan akson yang meneruskan informasi baik ke neuron lain atau ke organ efektor seperti otot (Cahyani Putri, dkk, 2020).

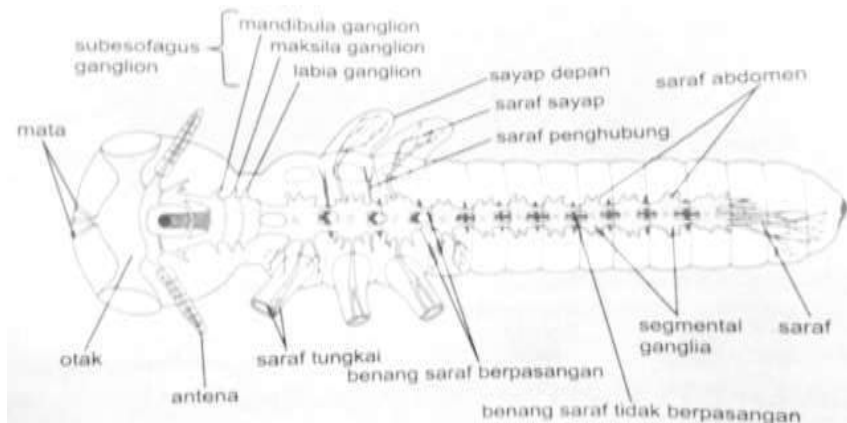
Ada empat tipe neuron pada serangga:

1. Neuron indra (neuron sensoris), dendrit berfungsi menerima rangsangan eksternal diteruskan ke sistem saraf pusat. Serat reseptor langsung dari badan sel tersambung ke organ indra.
2. Interneuron (neuron asosiasi) menerima informasi dari salah satu neuron meneruskan ke neuron lain.
3. Neuron motor menerima informasi dari interneuron meneruskan ke otot.
4. Sel neuroendokrin, neuron mengalami modifikasi pada sistem saraf. Sistem saraf berupa rangkaian ganglia, dihubungkan sepasang saraf yang ada di sepanjang tubuh.

Ganglion merupakan jaringan saraf ada di setiap segmen dan berpasangan, Tiga pasang ganglion yang terdapat di bagian kepala disebut otak (Imran Ainun, dkk, 2017):

1. Protocerebrum terdapat pada segmen mata, meliputi daerah inervasi alat mata majemuk dan ocelli.
2. Deutocerebrum terdapat pada segmen antena, daerah innervasi antena yang berperan mengendalikan pergerakan serangga.
3. Tritocerebrum menerima saraf dari frontal ganglion, labrum dan ganglion subesofagus berkaitan signal tubuh.

Sistem saraf terdiri atas otak, ganglion subesofagus dan benang saraf ventral. Otak dan ganglion serebral terdiri atas sebuah protoserebrum terhubung dengan mata dan deutoserbrum yang berkaitan terhadap saraf antena, tritoserebrum yang berhubungan dengan saraf mulut. Ganglion subesofagus penghubung yang mengelilingi esofagus terdapat 3 pasang ganglion yang menyatu untuk mengendalikan bagian mulut, kelenjar ludah dan otot bagian belakang kepala. Benang saraf ventral berbentuk ganglion baik pada ruas tohrax dan ruas abdomen.



Gambar 10.8. Sistem saraf serangga
(Cahyani Putri, dkk, 2020) (Imran Ainun, dkk, 2017)

10.6 Morfologi Serangga

Morfologi serangga suatu kajian yang mempelajari bentuk dan struktur dari serangga khususnya artropoda. Mendeskripsikan tubuh serangga dengan kemiripan terhadap artropoda lain terhadap kesamaan riwayat evolusi pada setiap serangga. Artropoda merupakan filum yang paling besar dalam dunia hewan dan mencakup serangga dan sejenisnya. Jenis artropoda biasa ditemukan di laut, air tawar, darat dan lingkungan udara termasuk berbagai bentuk simbiosis dan parasit. Tiga karakteristik fisik yang

membedakan serangga dari artropoda caput, thorax, abdomen (Cahyani Putri, dkk, 2020).

Umbai-umbai yang bersegmen-segmen tumbuh menurut fungsinya, pada kepala akan tumbuh menjadi antena dan mandibula, pada posisi bagian dari pada mulut membedakan serangga dari setiap jenis serangga, heksapoda, non serangga protura, diplura serta collembola, pada thorax akan ada kaki dan pada abdomen tumbuh kaki penayuh untuk berenang bagi serangga yang hidup pada air (swimmerets). (Herlinda Siti, dkk, 2021).

Empat ciri khas yang ada pada morfologi serangga pada umumnya meliputi:

1. Badan beruas-ruas
2. Mempunyai eksoskelet.
3. Umbai-umbai (appendages) beruas-ruas.
4. Bentuk tubuh simetris bilateral.

Serangga bermetamorfosis sempurna, yaitu siklus hidup dengan tahapan telur, larva, pupa dan imago. Serangga metamorfosis sempurna ada ordo Lepidoptera, Diptera, Coleoptera dan Hymenoptera. Metamorfosis tidak sempurna tahapan telur, nifas dan imago. Peristiwa larva meninggalkan telur eclosion. Setelah eclosion, serangga yang baru serupa atau berbeda sama sekali dengan induknya. Pertumbuhan serangga mempunyai perilaku makan banyak yang dapat dilihat penambahan berat badan disetiap waktu dan dapat dilihat dari beberapa tahapan perubahan tangga yang pada setiap tangga digambarkan oleh lepasnya kulit lama (exuvium) di sebut molting, tahapan tumbuh pembungkus sampai sempurna (Puspawati Catur, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrini, dkk. 2021. *Phytophagus Insects and Predatory Arthropods in Soybean and Zinnia*. Biodiversitas, volume 22: Biodiversitas, ISSN. 1412-033x.
- Cahyani Putri, dkk. 2020. *Ensiklo Pedia Insecta*. Palembang: NoerFikri Palembang Anggota IKAPI, ISBN: 978-602-447-564-2.
- Herlinda Siti, dkk. 2021. *Pengantar Ekologi Serangga*. Palembang: Universitas Sriwijata (UNSRI), ISBN. 978-979-587-956-5.
- Imran Ainun, dkk. 2017. *Fisiologi Srangga (Sistem saraf dan organ perasa/indra sistem endokrin dan sistem reproduksi serangga)*.
- Lopes Yos F.da, dkk. 2016. *Modul 1. Snatomi Serangga Departemen of Dryland Agriculture Managemen*. Kupang East Nusa Tenggara Indonesia: Learn Practive Berich IMPLK.
- Marlinae Lenie, dkk. 2021. *Buku Ajar Pengendalian Vektor dan Binatang Pengganggu*. Yoyakarta: CV. Mine, Yoyakarta, ISBN: 978-453-541-4.
- Marlinae Lenie, dkk. 2021. *Buku Ajar Pengendalian Vektor dan Binatang Pengganggu*. Palembang: Universitas Fakultas Kedokteran Lambung Mangkurat.
- Puspawati Catur. 2019. *Kesehatan Lingkungan Teori dan aplikasi*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Wahyuni Denai, dkk. 2017. *Buku Ajar Entomologi dan Pengendalian Vektor*. Yoyakarta: Penerbit Yoyakarta Deepublish, ISBN: 978-602-453-541-4.

BAB 11

PERKEMBANGAN DAN METAMORFOSIS SERANGGA

Oleh Sulistia Ningsih

11.1 Perkembangan Serangga

Perkembangan serangga biasanya melalui empat tahap bentuk atau stadia hidup, diantaranya: telur, larva atau nimfa, pupa, dan imago (serangga dewasa).

11.1.1 Stadia Telur

Seperti makhluk hidup lainnya, semua serangga bermula dari sel tunggal yang disebut bakal telur (ovum). Sebelum berkembang, ovum harus terlebih dahulu dibuahi oleh sperma yang berasal dari serangga jantan. Reproduksi seksual terjadi melalui penyatuan gamet-gamet tersebut, yakni ovum dari serangga betina dengan sperma dari serangga jantan. Namun, dalam beberapa kasus, serangga betina dapat menghasilkan keturunan tanpa perlu pembuahan terlebih dahulu. Hal ini dikenal sebagai "*parthenogenesis*", seperti yang terjadi pada lebah (*Apis* sp.) dari ordo Hymenoptera dan pada kutu daun (*Aphis gossypii*) dari ordo Homoptera (Borror & DeLong, 1976; Chu, 1949).

Ada beberapa cara bagaimana larva atau serangga muda keluar dari telur. Kebanyakan serangga memiliki organ di bagian kepala yang berfungsi sebagai alat untuk memecahkan kulit telur ketika serangga muda tersebut keluar. Terkadang, kulit telur bisa juga pecah akibat gerakan atau tekanan dari dalam. Proses keluarnya serangga muda dari telur disebut "*eclosion*". Selain itu, ada situasi di mana satu sel telur berkembang menjadi dua atau

lebih embrio. Keadaan ini disebut ***polyembriony*** dan dapat terjadi pada beberapa jenis parasitoid dari ordo Hymenoptera. Perkembangan embrio dimulai dengan pembelahan beberapa inti dari satu sel tunggal, dan dari masing-masing inti tersebut akan berkembang menjadi satu embrio. Polyembriony terjadi pada 4 famili serangga dari ordo Hymenoptera, seperti Braconidae (*Macrocentrus* sp.), Encyrtidae, Platygasteridae (*Platygaster* sp.), dan Dryinidae (Borror & DeLong, 1976; Chu, 1949; Stehr, 1991).

Telur biasanya diletakkan sendiri-sendiri atau mengelompok. Induk serangga biasanya akan meletakkan telur didekat sumber makanan yaitu di bagian tumbuhan yang kelak akan menjadi sumber makanan bagi keturunan barunya. Telur serangga ada yang ditempelkan di bagian luar inang (*Callosobruchus maculatus*), dimasukkan dalam jaringan/tubuh inang (*Trichogramma* sp.), dimasukkan dalam gulungan daun atau tanah (*locust*) (Fernando *et al.*, 1999; Ningsih *et al.*, 2015; NSW, 2020). Pada saat meletakkan telur, induk serangga biasanya akan mengeluarkan suatu substansi pada telur yang bertujuan untuk melindungi telur tersebut. Pelindung tersebut berupa bulu-bulu halus, cairan substansi hasil sekresi yang mengering dan mengeras (Borror & DeLong, 1976; Chu, 1949; Stehr, 1991).

A. Tipe-tipe telur

Adapun tipe-tipe telur serangga adalah sebagai berikut (Chu, 1949):

1. Singly laid

- a) **Sculptured egg** - contohnya: *Ariadne merione*
- b) **Elongate egg** - contohnya: *Atherigona soccata*
- c) **Rounded egg** - contohnya: *Papilio demoleus*
- d) **Nit** - contohnya: *Pediculus humanus*
- e) **Egg with float** - contohnya: *Anopheles stephensi*

2. Laid in groups

- a) **Pedicellate eggs** - contohnya: *Chrysopa perla*

- b) **Barrel shaped eggs** - contohnya: *Halyomorpha halys*
- c) **Ootheca** - contohnya: Blattodea
- d) **Egg pod** - contohnya: Grasshoppers
- e) **Egg case** - contohnya: Manteodea
- f) **Egg mass** - contohnya: *Scirpophaga incertulas*
- g) **Egg raft** - contohnya: *Culex pipiens*



Sculptured



Elongate egg



Rounded egg



Nit



Egg with float

Gambar 11.1. Tipe-tipe Telur Singly Laid
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Pedicellate eggs



Barrel shaped eggs



Ootheca



Egg pod



Egg case



Egg mass



Egg raft

Gambar 11.2. Tipe-tipe Telur Laid in Groups
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)

11.1.2 Stadia Larva dan Nimfa

Larva adalah suatu bentuk dari salah satu stadia dalam siklus hidup serangga, yang berada di antara stadia telur dan pupa. **Nimfa** adalah serangga muda yang menyerupai serangga dewasa (imago), tetapi berukuran lebih kecil. Nimfa merupakan tahap peralihan dalam siklus hidup serangga yang terletak antara stadia telur dan imago. Nimfa biasanya belum memiliki sayap dan alat

genital yang berkembang sempurna (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949; Stehr, 1991). Adapun perbedaan antara larva dan nimfa disajikan pada Tabel 11.1 di bawah ini.

Tabel 11.1. Perbedaan larva dan nimfa pada serangga

No.	Larva	Nimfa
1.	Pada serangga bermetamorfose sempurna	Pada serangga bermetamorfose sederhana
2.	Calon sayap berkembang di bagian dalam tubuh (Endopterygota)	Calon sayap berkembang di dinding luar tubuh (Exopterygota)
3.	Bentuk dan susunan tubuh sangat berbeda dengan fase dewasa	Bentuk dan susunan tubuh umumnya mirip dengan fase dewasa
4.	Tidak mempunyai mata majemuk, kecuali oseli	Mempunyai mata majemuk meskipun fase dewasa tanpa mata majemuk
5.	Mempunyai tipe alat mulut sama atau berbeda dengan fase dewasa	Mempunyai tipe alat mulut yang sama dengan fase dewasa
6.	Macam habitat dan makanannya ada yang sama, ada yang berbeda	Umumnya macam habitat dan makannya sama dengan fase dewasa
7.	Melalui fase tidak aktif yang disebut pupa atau kepompong	Menjadi fase dewasa tanpa melalui fase tidak aktif
8.	Mempunyai organ khusus yang hanya berguna pada fase larva dan organ tersebut hilang setelah menjadi dewasa	Tidak mempunyai organ khusus yang hanya berguna pada fase nimfa

Sumber: (Chu, 1949)

Larva pada beberapa serangga yang bermetamorfosis sempurna memiliki sebutan-sebutan lain, misalnya:

- a) Larva Lepidoptera disebut '**ulat**'
- b) Larva Diptera disebut '**belatung**'
- c) Larva Coleoptera disebut '**lundi**' atau '**uret**'

A. Tipe-tipe larva serangga berdasarkan jumlah kaki

1. Apoda

Apoda yaitu larva yang tidak berkaki. Larva apoda biasanya bergerak menggunakan gerakan peristaltik hidroskeleton tubuhnya. Misalnya Larva Ordo Diptera famili Tephritidae, Cecimyidae, dan larva ordo Hymenoptera famili Formicidae, Vespidae, dan Pompilidae (Chu, 1949).

2. Oligopoda

Oligopoda yaitu larva yang memiliki hanya 3 pasang kaki pada thoraks, tanpa proleg atau kaki semu pada abdomen. Misalnya larva ordo Coleoptera famili Scarabaeidae, Coccinellidae, Lampyridae, Tenebrionidae, Elateridae, dan Carabidae (Chu, 1949).

3. Polipoda

Polipoda yaitu larva memiliki kaki 3 pasang pada thoraks dan lebih dari 3 pasang proleg atau kaki semu pada abdomen. Misalnya larva pada kebanyakan larva ordo Lepidoptera pada famili Noctuidae, Sphingidae, Notodontidae, Papilionidae, dan Saturniidae (Chu, 1949).



Larva *Ceratitidis capitata*
(Diptera: Tephritidae)



Larva *Urophora solstitialis*
(Diptera: Tephritidae)



Larva *Cecidomyia bisetosa*
(Diptera: Cecidomyiidae)



Larva *Arnoldius* sp.
(Hymenoptera: Formicidae)



Larva *Polistes chinensis*
(Hymenoptera: Vespidae)



Larva spider-hunting wasp
(Hymenoptera: Pompilidae)

Gambar 11.3. Bentuk Larva Apoda
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva *Phyllophaga* spp.
(Coleoptera: Scarabaeidae)



Larva *Coccinella transversoguttata*
(Coleoptera: Coccinellidae)



Larva Fireflies or lightning bugs
(Coleoptera: Lampyridae)



Larva *Tenebrio molitor*
(Coleoptera: Tenebrionidae)



Larva *Conoderus vespertinus*
(Coleoptera: Elateridae)



Larva *Calosoma sycophanta*
(Coleoptera: Carabidae)

Gambar 11.4. Bentuk Larva Oligopoda
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva Cutworms, loopers
(Lepidoptera: Noctuidae)



Larva *Eumorpha achemon*
(Lepidoptera: Sphingidae)



Larva *Manduca quinquemaculata*
(Coleoptera: Sphingidae)



Larva *Papilio polyxenes*
(Lepidoptera: Papilionidae)



Larva *Gluphisia* spp.
(Lepidoptera: Notodontidae)



Larva *Hemileuca maia*
(Lepidoptera: Saturniidae)

Gambar 11.5. Bentuk Larva Polipoda (Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)

A. Tipe-tipe larva serangga berdasarkan bentuknya

1. Eruciform

Tubuh berbentuk silindris, kepala berkembang sempurna, alat mulut menggigit mengunyah, pada thoraks terdapat tungkai asli dan pada abdomen terdapat tungkai palsu. Contohnya: Lepidoptera, Mecoptera, dan beberapa spesies pada Hymenoptera (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949).

2. Scarabaeiform

Larva silindris, berbentuk lengkung atau huruf C, kepala berkembang sempurna, pada thoraks terdapat tungkai asli dan pada abdomen tidak terdapat tungkai palsu (proleg), larva tidak aktif bergerak. Contohnya: Coleoptera famili Scarabidae, Bruchidae, Ptinidae, dan Anobiidae (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949).

3. Campodeiform

Tubuh pipih, memanjang, tungkai panjang dan biasanya memiliki cerci/filamen caudal, kepala prognathous, umumnya sangat aktif dan berperan sebagai predator. Contohnya: Neuroptera, Trichoptera, Coleoptera famili Dytiscidae, Carabidae, Staphylinidae, dan Coccinelidae (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949).

4. Vermiform

Tubuh seperti cacing, memanjang, tidak bertungkai, kepala tidak berkembang sempurna, meskipun ada kepala yang berkembang sempurna. Contohnya: Diptera, Siphonoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949).

5. Elateriform

Tubuh memanjang, kecil, silindris, ada yang pipih, kulit agak keras, antena dan cerci berkembang baik, begitu pula tungkai, larva biasanya aktif. Contohnya: Coleoptera famili Tenebrionidae, Elateridae, Alleculidae, Ptilodactylidae, dan Eurypogonidae (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949).

6. Platyform

Larva dengan bentuk tubuh pendek, lebar dan gepeng (pipih), tungkai sangat pendek, inconspicuous atau absen, kepala hyphognathous, beberapa spesies mempunyai spines (duri) yang beracun, umumnya pemakan tumbuhan (herbivora). Misalnya: larva Limacoid (Lepidoptera: *Limacodidae*) (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949).

7. Carabiform

Larva yang bentuknya merupakan modifikasi larva campodeiform, yang mana tubuhnya gepeng tetapi kakinya lebih pendek dan umumnya tidak memiliki caudal filaments. Misalnya: larva ordo Coleoptera seperti Chrysomelidae, Lampyridae, Carabidae, Melyridae (Borror & Delong, 1976; Chu, 1949; Stehr, 1991).



Larva Cutworms, loopers
(Lepidoptera: Noctuidae)



Larva *Eumorphia achemon*
(Lepidoptera: Sphingidae)



Larva *Metallus lanceolatus*
(Hymenoptera: Tenthredinidae)



Larva *Pristiphora geniculata*
(Hymenoptera: Tenthredinidae)

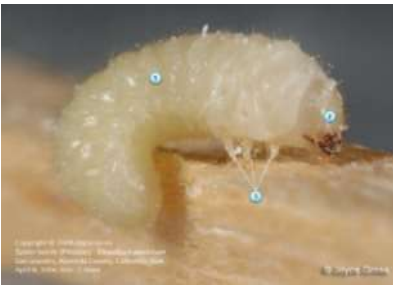
Gambar 11.6. Bentuk Larva Eruciform
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva Scarab beetle



Larva *Pygiopachymerus lineola*

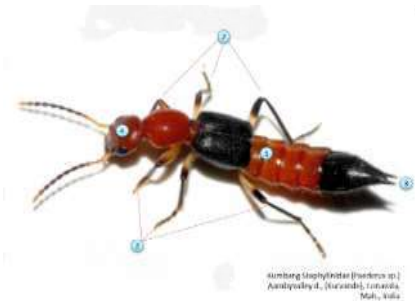


Larva *Stegobium paniceum*



Larva *Anobium punctatum*

Gambar 11.7. Bentuk Larva Scarabaeiform
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Gambar 11.8. Bentuk Larva Campodeiform
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva *Anastrepha ludens*



Larva *Chalcophora* spp.



Larva *Camponotus* spp.



Larva *Polistes dominula*

Gambar 11.9. Bentuk Larva Vermiform
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva *Tenebrio molitor*



Larva *Coniontis* sp.



Larva Click beetle



Larva Toe-winged beetle

Gambar 11.10. Bentuk Larva Elateriform
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva *Isa textula*



Larva *Acharia stimulea*



Larva *Euclea delphinii*



Larva *Natada nasoni*

Gambar 11.11. Bentuk Larva Platyform
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)



Larva *Chrysomela scripta*



Larva Fireflies or lightning bugs



Larva *Calosoma sycophanta*



Larva Soft-winged flower beetle

Gambar 11.12. Bentuk Larva Carabiform

(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)

11.1.3 Stadia Pupa atau Kepompong

Stadia pupa adalah salah satu bentuk yang terdapat dalam siklus hidup serangga yang bermetamorfosis sempurna. Stadia pupa ini berada antara stadia larva dan imago. Serangga yang sedang memasuki stadia pupa biasanya tidak aktif dan tidak makan. Tempat serangga berkepompong biasanya dilakukan di dalam tanah, di dalam jaringan inangnya, di dalam gulungan daun atau material lain, atau menempel pada benda tertentu.

Pupa yang memiliki wadah atau kantong disebut **kokon** (*coccon*). Kokon tersebut memiliki bentuk, warna, serta kekerasan

yang berbeda-beda. Kokon dapat memiliki berbagai tingkat ketebalan, dari yang tipis hingga yang keras. Ini adalah lapisan yang melindungi pupa dan biasanya terbentuk dari kulit larva itu sendiri. Istilah yang digunakan untuk lapisan ini adalah "**puparium**".

Terdapat 3 tipe pupa pada serangga yaitu (Borror & DeLong, 1976; Chu, 1949; Stehr, 1991):

1. Obtecta

Apendik melekat pada tubuh dan umumnya terlindung dalam kokon. Contohnya ordo Lepidoptera.

2. Eksarata

Apendik tidak melekat pada badan, sebagian pupa kelihatan hampir sama dengan dewasa dan biasanya tidak dibungkus dalam kokon. Contohnya ordo Coleoptera dan Hymenoptera.

3. Coarctata

Apendik terbungkus oleh kulit yang keras membentuk tempat kepompong (puparium). Contohnya ordo Diptera.



a



b



c

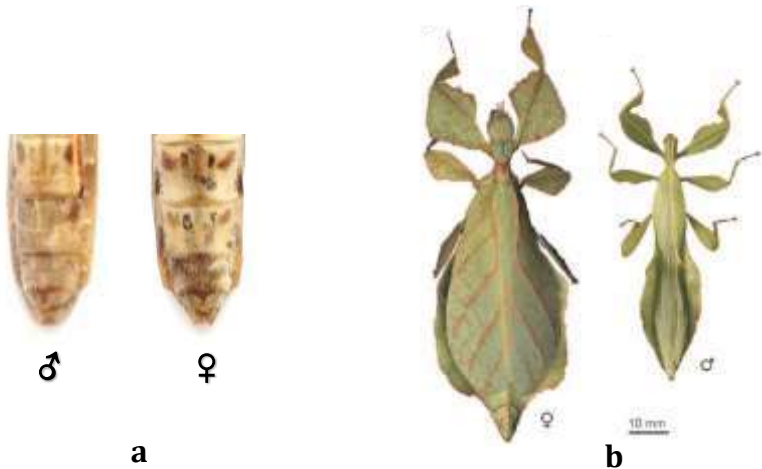
Gambar 11.13. Tipe Pupa pada Serangga; Obtecta (a), Eksarata (b), Coarctata (c).

(Sumber : <https://www.shutterstock.com/>)

11.1.4 Stadia Serangga Dewasa atau Imago

Secara umum, tidak terdapat perbedaan struktur antara serangga pradewasa dan imago pada ametabola dan

paurometabola. Sedangkan pada hemimetabola dan holometabola (sempurna) terdapat perbedaan struktur yang cukup besar. Pada stadia ini, alat reproduksi sudah berkembang sempurna, sehingga bisa dibedakan antara imago jantan dan betina, walaupun ada beberapa spesies serangga yang bisa dibedakan alat kelaminnya pada fase pradewasa. Misalnya pada walang sangit, imago betina dicirikan dengan ujung abdomen yang besar, berbentuk kerucut dan lancip, sedangkan pada imago jantan dicirikan dengan ujung abdomen berbentuk lengkung membulat (Gambar 11.14) (Ningsih & Ceri, 2023). Perbedaan imago jantan dan betina tidak hanya dapat dilihat dari ujung abdomennya saja, namun juga bisa dilihat dari ukuran tubuh, warna tubuh, corak sayap, ukuran cula, suara, dan jenis makanan (Gambar 11.15) (Kalshoven, 1979).



Gambar 11.14. Bentuk Abdomen Jantan dan Betina
Leptocorisa sp. (a), Perbandingan Ukuran Jantan dan Betina
Phyllium celebicum (b)
 (Sumber :Ningsih & Ceri, 2023; Wedmann *et al.*, 2007)

11.2 Metamorfosis Serangga

Metamorfosis berasal dari kata Yunani yaitu *meta* yang artinya berubah, dan *morphe* artinya bentuk. **Metamorfosis** adalah suatu proses perubahan bentuk dan ukuran yang terjadi mulai dari tahap telur hingga mencapai tahap dewasa (imago).

11.2.1 Jenis-jenis Metamorfosis

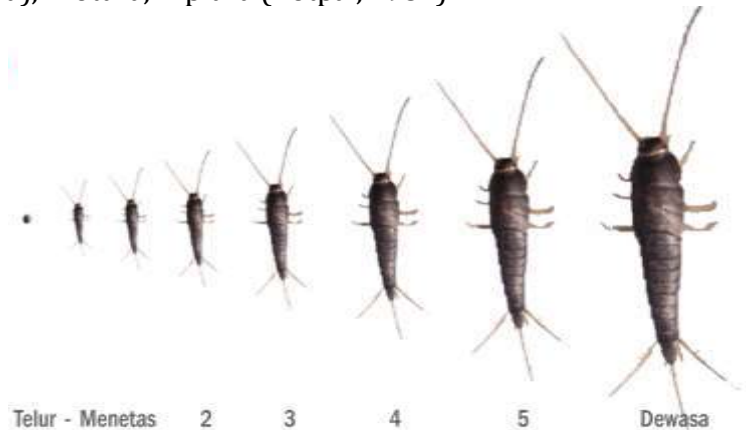
Selama proses perkembangannya, serangga mengalami perubahan bentuk yang dikenal sebagai metamorfosis. Metamorfosis adalah proses perubahan bentuk dan ukuran yang terjadi pada suatu organisme selama tahap perkembangannya. Metamorfosis pada serangga sangat bervariasi, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. Berdasarkan perbedaan perubahan tersebut, metamorfosis pada serangga dapat dikelompokkan menjadi tiga, yang terdiri dari:

1. Tanpa Metamorfosis (A metabola atau a' metamorfosis)

Sebagian spesies serangga tidak mengalami metamorfosis atau yang disebut dengan a metabola atau a' metamorfosis. Proses perubahan yang terjadi pada serangga yang tergolong ke dalam a metabola ini cukup sederhana. Serangga yang tidak mengalami metamorfosis pada perkembangan hidupnya hanya mengalami perubahan ukuran saja tanpa mengalami perubahan bentuk. Artinya, setelah telur menetas, maka akan muncul serangga muda (nimfa) yang bentuknya sama dengan serangga dewasa (imago), hanya saja memiliki ukuran yang lebih kecil. Selanjutnya, kelompok serangga ini akan tumbuh dan mengalami beberapa kali pergantian kulit sebelum akhirnya mencapai tahap serangga dewasa tanpa mengalami perubahan bentuk luar yang jelas, hanya perubahan ukuran saja (tambah besar) (Kotpal, 1981).

Kelompok serangga ini terdapat pada subkelas Apterygota (serangga tidak bersayap), yang terdiri dari beberapa ordo seperti: Collembola (*Papirius fuscus* atau ekor

pegas/*springtails*), Thysanura (*Lepisma saccharina* atau kutu buku), Protura, Diplura (Kotpal, 1981).



Gambar 11.15. A Metabola pada Thysanura
(Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/>)

2. Metamorfosis Sederhana (*Simple Metamorphosis* atau *Incomplete Metamorphosis*)

Pada subkelas Pterygota terdapat adanya perbedaan dalam jenis dan jumlah perubahan yang terjadi selama perkembangan hidupnya.

Beberapa tipe dari metamorfosis sederhana yaitu:

a. Paurometabola atau *gradual metamorphosis* (perubahan bentuk bertahap)

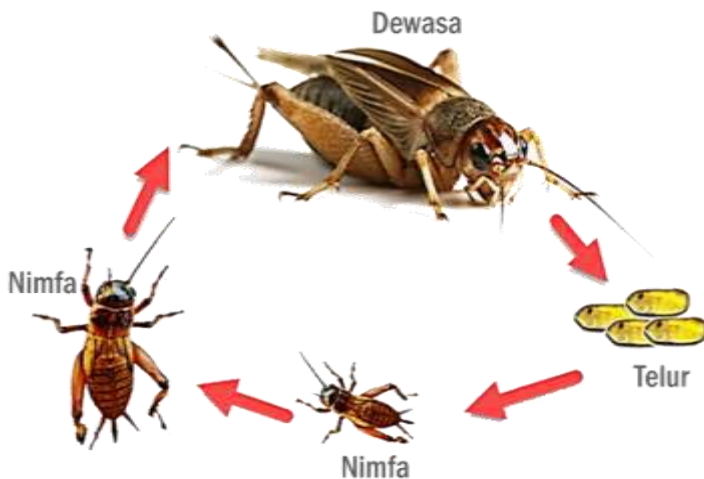
Serangga yang mengalami perubahan bentuk secara paurometabola selama siklus hidupnya mengalami tiga tahap pertumbuhan, yaitu:

telur → nimfa → imago

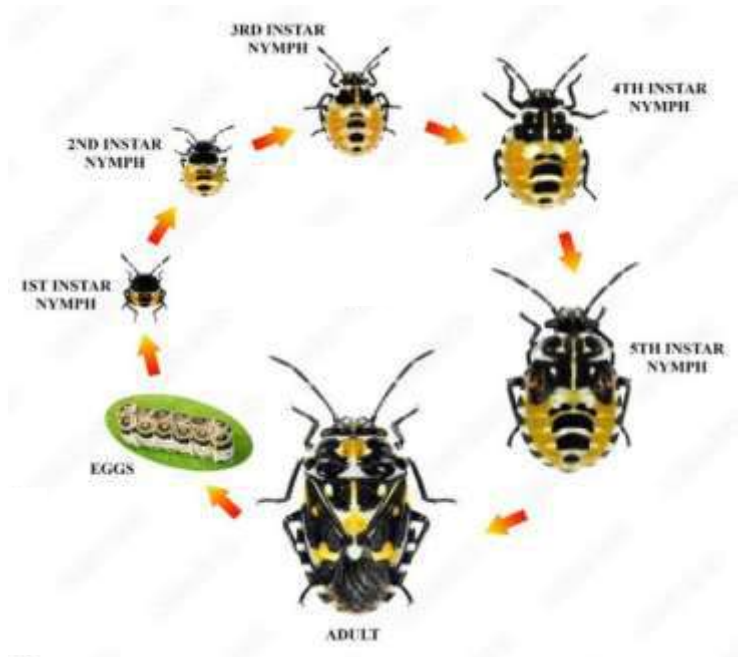
Jenis makanan, habitat, dan alat mulut nimfa pada paurometabola sama dengan serangga dewasa (imago), dan bentuk fisiknya juga mirip dengan imago, hanya saja ukuran tubuhnya lebih kecil, sayap dan alat genital belum berkembang sempurna. Selama

pertumbuhan, perubahan utama melibatkan peningkatan ukuran, perubahan proporsi tubuh, perkembangan mata tunggal, dan terkadang perubahan bentuk struktur lainnya.

Sebelum mencapai tahap dewasa, nimfa mengalami beberapa pergantian kulit, serta pertumbuhan tubuh dan sayap yang berlangsung secara bertahap. Serangga yang termasuk dalam kategori paurometabola dapat ditemukan di beberapa ordo, seperti Orthoptera (jangkrik atau *Gryllus* sp.), Hemiptera (kepik atau *Stenozygum coloratum*), dan Homoptera (wereng batang coklat atau *Nilaparvata lugens*) (Oudejans, 1982).



Gambar 11.16. Metamorfosis Sederhana (Paurometabola) pada Orthoptera (Sumber : mplk.politanikoe.ac.id)



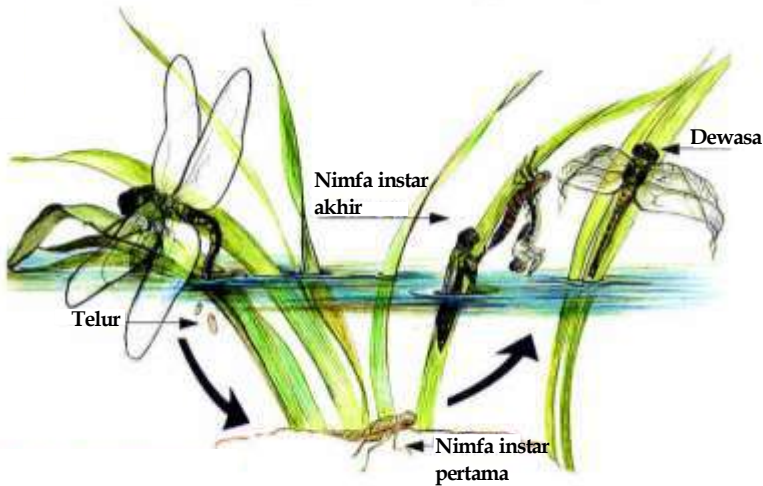
Gambar 11.17. Metamorfosis Sederhana (Paurometabola) pada Hemiptera
(Sumber : stock.adobe.com/)

b. Hemimetabola atau *incomplete metamorphosis* (perubahan bentuk yang tidak sempurna)

Cara hidup serangga yang mengalami hemimetabola hampir serupa dengan paurometabola, hanya saja ada perbedaan dalam habitat antara nimfa dan dewasanya. Nimfa dari serangga ini hidup di air dan dikenal sebagai 'naiads'. Naiads memiliki alat pernapasan berupa insang. Setelah dewasa, serangga ini hidup di darat atau di udara dan menggunakan trachea sebagai alat pernapasannya. Tahap perkembangan hidupnya terdiri dari:

telur → nimfa (naiad) → imago

Serangga yang termasuk ke dalam hemimetabola dapat ditemukan pada ordo Odonata (capung/*dragonflies* dan *damselflies*), Ephemeroptera (*mayflies*), dan Plecoptera (*stoneflies*) (Oudejans, 1982).



Gambar 11.18. Metamorfosis Sederhana (Hemimetabola) pada Capung
(Sumber : scientificillustrator.com)

3. Metamorfosis Sempurna (*Complete Metamorphosis*)

Metamorfosis sempurna dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu:

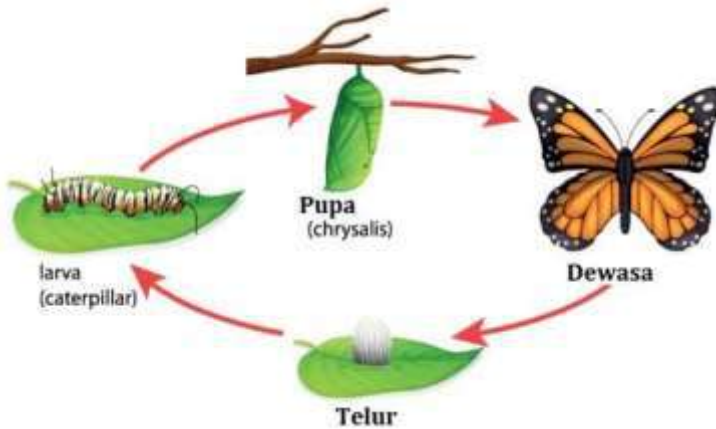
a. **Holometabola**

Serangga yang termasuk dalam kelompok Holometabola mengalami empat tahapan dalam siklus hidupnya, yakni:

telur → larva → pupa → imago

Larva yang baru menetas dari telur memiliki bentuk yang sangat berbeda dengan serangga dewasa (imago). Larva memiliki tungkai-tungkai pendek pada dada dan proleg (Lepidoptera), tungkai pada dada (Coleoptera), atau bahkan tanpa tungkai (Diptera), tidak memiliki mata majemuk, dan tidak bersayap. Umumnya alat mulut pada larva dan imago sangat berbeda yaitu menggigit mengunyah (*chewing type*) pada stadia larva, sedangkan pada stadia imago menjilat mengisap (*sponging type*) pada Ordo Diptera, dan mengisap (*siphoning type*) pada Ordo Lepidoptera. Oleh karena itu, habitat, perilaku, maupun cara hidup larva sangat berbeda dengan imago. Apabila fase dewasa bersayap, maka sayap tersebut berkembang secara internal selama stadium larva dan tidak pernah tampak sampai pergantian kulit terakhir.

Perubahan bentuk dari larva menuju imago terjadi melalui tahap transisi yang disebut pupa atau kepompong. Umumnya, serangga yang termasuk dalam kelompok ini terdapat pada subordo Endopterygota yang mencakup ordo Diptera (lalat), Lepidoptera (kupu-kupu dan ngengat), Coleoptera (kumbang), dan Hymenoptera (lebah dan tawon), Neuroptera (undur-undur/ *antlions*, lalat jala hijau/ *lacewings*), Trichoptera (*Caddisflies*), dan Siphonaptera (pinjal/ *fleas*) (Oudejans, 1982).



Gambar 11.19. Metamorfosis Sempurna (Holometabola) pada Lepidoptera (Sumber : mplk.politanikoe.ac.id)

b. Hypermetabola

Sama seperti pada holometabola, tahapan perubahan bentuk serangga pada metamorfosis ini melewati empat tahapan dalam siklus hidupnya. Hanya saja pada setiap pergantian kulit, larvanya mengalami perubahan bentuk (setiap instarnya, larva memiliki bentuk yang berbeda). Serangga yang mengalami metamorfosis ini terdapat pada ordo Coleoptera (Carabidae), dan Hymenoptera (Perilampidae) (Oudejans, 1982).

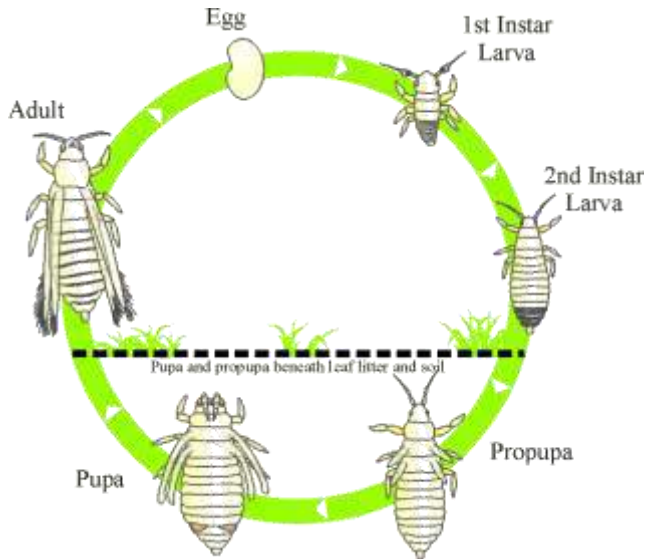
4. Metamorfosis Gabungan (*Intermediate Metamorphosis*)

Metamorfosis yang terletak antara metamorfosis sederhana dan sempurna ini disebut dengan metamorfosis intermediate atau peralihan/ gabungan/ menengah.

Kelompok serangga yang mengalami metamorfosis intermediate mengalami lima tahap pertumbuhan selama siklus hidupnya, yaitu:

telur → larva → prapupa → pupa → imago

Larva pada tipe metamorfosis ini tidak mempunyai mata majemuk, tidak bersayap dan aktif. Kelompok serangga yang tergolong ke dalam metamorfosis intermediate yaitu dari ordo Thysanoptera (*thrips*).



Gambar 11.20. Metamorfosis Gabungan (*Intermediate Metamorphosis*) pada Thysanoptera
(Sumber : discoverlife.org/)

11.3 Pergantian Kulit pada Serangga

Selama metamorfosis, serangga mengalami beberapa kali pergantian kulit (***molting***). Serangga memiliki kerangka luar (kutikula) yang disebut dengan ***eksoskeleton***. *Eksoskeleton* ini menutupi seluruh tubuh serangga, bersifat mengeras, tidak lentur, tidak dapat tumbuh, dan berkembang karena memiliki sklerotin sebagai akibat dari proses “sklerosisasi” atau pengerasan. Sehingga, ketika tubuh serangga mengalami pertumbuhan (penambahan volume dan massa), akan tetapi eksoskeletonnya tetap pada

konstruksinya atau tidak mengalami pertumbuhan. Akibatnya, serangga harus mengelupaskan kulit luarnya yang kemudian diganti oleh kulit yang baru. Proses ini disebut dengan pergantian kulit atau "*ecdysis*", dan kulit lama yang terlepas disebut "*exuvie*" yang berarti pakaian. Serangga harus melakukan molting beberapa kali selama hidupnya agar tetap eksis dan "*survive*" atau bertahan hidup untuk meneruskan generasinya.

Proses pergantian kulit ini dimungkinkan oleh terbentuknya lapisan endokutikula baru yang berada di bawah lapisan eksokutikula yang sudah mengeras. Sebelum kulit luar atau kutikula yang lama mengelupas, epikutikula dan prokutikula yang baru telah dipersiapkan oleh sel-sel hipodermis (sel-sel epidermis) yang ada di bawahnya. Selanjutnya sel-sel hipodermis mengeluarkan cairan hormon untuk melancarkan proses pergantian kulit. Hormon ini (*molting hormone*) mengandung enzim-enzim khitinase dan protease yang dapat melepaskan kutikula yang lama. Pelepasan kutikula lama terjadi dengan jalan melarutkan bagian lapisan bawah dari endokutikula lama oleh hormon tersebut. Dengan demikian, kulit luar yang lama terbuka dan mengelupas terdorong oleh gerakan tubuh serangga tersebut yang membesar dan telah memiliki kulit baru. Dengan demikian, dapat dikemukakan bahwa membesarnya tubuh serangga sampai ukuran tertentu, terjadi sebelum dinding tubuh atau kutikula baru mengalami proses penge- rasan "*sklerosisasi*".

11.4 Instar

Bagi sebagian besar spesies serangga, instar adalah tahap perkembangan bentuk larva serangga *complete metamorphosis* atau bentuk nimfa dari serangga *simple metamorphosis*. Beberapa tingkatan yang dengan jelas dapat dibedakan satu sama lainnya, baik yang membagi stadia larva maupun stadia nimfa selama periode pertumbuhannya disebut 'instar'. Larva maupun nimfa yang baru menetas dari telur, disebut larva atau nimfa instar

pertama. Larva maupun nimfa pada instar ini terus tumbuh, ukurannya membesar, yang selanjutnya akan diikuti oleh proses pergantian kulit yang pertama. Selanjutnya larva atau nimfa yang telah mengalami pergantian kulit pertama disebut instar kedua, dan yang telah mengalami pergantian kulit kedua disebut instar tiga; dan seterusnya sampai pergantian kulit ketiga, empat, lima, enam dan kadang-kadang ada yang sampai mengalami 20 kali pergantian kulit (Kotpal, 1981).

Jumlah instar yang dialami serangga seringkali bergantung pada nutrisi pada larva awal, spesies, dan kondisi lingkungan, seperti yang dijelaskan pada sejumlah spesies Lepidoptera. Perbedaan antar instar sering kali terlihat pada perubahan proporsi tubuh, warna, pola, lebar kepala, dan perubahan jumlah ruas tubuh (Metcalf & Flint, 1979; Ningsih *et al.*, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Borror, D. J., & Delong, D. M. 1976. *An introduction to the study of insects* (4th ed). Holt, Rinehart and Winston.
- Chu, H. F. 1949. *How to Know the Immature Insects*. W.M. C. Brown Company Publishers.
- Fernando, L., C nsoli, & Parra, J. R. P. 1999. Egg Laying and Development of Different Strains of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Artificial Eggs. *An. Soc. Entomol. Brasil*, 28(1), 173–177.
- Kalshoven, L. G. E. 1979. *The Pest of Crop in Indonesia* . P.T. Ichtiar Baru-Van Hoeve.
- Kotpal, R. L. 1981. *Textbook of Arthropoda* (ninth edition). Pioneer Printers.
- Metcalf, C. L., & Flint, W. P. 1979. *Destructive and Useful Insect* (Fourth Edition). Tata Mc Graw Hill Publishing Co. Ltd. .
- Ningsih, S., & Ceri, B. 2023. Efektivitas Bahan Organik Sebagai Atraktan Terhadap Hama Walang Sangit (*Leptocoris* sp.) pada Tanaman Padi. *Fruitset Sains: Jurnal Pertanian Agroteknologi*, 11(2), 85–92.
- Ningsih, S., Putra, N. S., & Trisyono, Y. A. 2020. Feeding Inhibition by Chitosan on Larvae of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 24(2), 182. <https://doi.org/10.22146/jpti.44032>
- Ningsih, S., Syahputra, E., & Ramadhan, T. H. 2015. Aktivitas Insektisida Ekstrak Bunga *Piper aduncum* Terhadap *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 4(1).
- NSW. 2020. *Locusts – egg laying and egg beds* .
- Oudejans. 1982. *Agro-pesticides, Their Management and Application*. ARSAP Project Raja Damern Avenue.
- Stehr, F. W. 1991. *Immature Insects*. Copyright  1991 by Kendall/Hunt Publishing Company.

Wedmann, S., Bradler, S., & Rust, J. 2007. The first fossil leaf insect: 47 Million years of specialized cryptic morphology and behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(2), 565–569. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606937104>

BIODATA PENULIS



Randi Syafutra, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Konservasi Sumber Daya Alam
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung

Penulis lahir di Kota Pangkalpinang pada tanggal 6 Mei 1992, yang memiliki ayah bernama Mulkan dan ibu bernama Sumarti, serta istri bernama Dita Amelia, S.Pd.. Selain itu, penulis juga memiliki saudara kandung bernama Rian Pebriansyah, S.T. dan Rio Santri Kurniawan. Penulis memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Universitas Bangka Belitung (UBB) pada tahun 2013 dan Magister Sains (M.Si.) di Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2016. Penulis memiliki fokus penelitian terkait konservasi hayati dan rehabilitasi lingkungan. Penulis juga bersertifikasi BNSP pada bidang Lingkungan Hidup (*Environment*) dengan kualifikasi sebagai *Drafting Team Member of Environmental Impact Analysis*. Penulis merupakan dosen dan menjabat sebagai Ketua Program Studi Konservasi Sumber Daya Alam Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung (Prodi KSDA Unmuh Babel) Periode 2021-2024. Penulis aktif di organisasi seperti KNPI Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Syarikat Islam, dan NGO Lingkungan: ALOBI (Animal Lovers of Bangka Island) dan F2B (Flora Fauna Bangka).

BIODATA PENULIS



Sutiharni

Dosen Program Studi Agroteknologi, Jurusan Budidaya
Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Papua

Lahir di Bandung 30 Juni 1961. Anak kedelapan dari 14 bersaudara. Lahir dari keluarga TNI (Angkatan Udara) dari alm. Bapak Mulyadi bin Sarjan dan almh.Ibu Fatima binti Santani. Menikah pada tanggal 01 Maret 1983 dengan Wahyoe Witjaksono. NIDN: 0030066104; Perguruan Tinggi: Universitas Papua; Status: Dosen Biasa; Alamat Perguruan Tinggi: Jalan Gunung Salju Amban Manokwari; Fakultas Pertanian Universitas Papua; Jurusan Budidaya Pertanian Prodi Agroteknologi; S1: Agronomi Faperta UNCEN; S2: Ilmu Hama Tumbuhan Pascasarjana UGM; Pernah menempuh Program Doktorat di Program S3 Ilmu Pertanian Pasca Sarjana UGM. Ilmu yang ditekuni: Ilmu Hama Tumbuhan. Berperan aktif dalam penulisan buku Bookchapter, Referensi dan Monograf, telah menyelesaikan 22 publikasi ketiga jenis buku tersebut yang ber ISBN. Email: naningmulyadi@gmail.com , HP: 082238136454

BIODATA PENULIS



Dr. Araz Meilin, SP., M.Si.

Peneliti Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) RI
Dosen Fakultas Pertanian Universitas Batanghari, Jambi

Lahir di Muara Bungo, Jambi 22 Februari 1972. Dari ayah bernama Armein Arief dan Ibu bernama Ratna Zaitun. Ia memiliki seorang suami bernama Ir. Muhammad Sugihartono, M.Si. Penulis bertempat tinggal di Jl. HM. Yusuf Nasri No. 40 RT 05/002 Kelurahan Wijaya Pura, Kecamatan Jambi Selatan, Kota Jambi. Telah menyelesaikan studi strata satu di Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan (1990-1995). Lulus strata dua di Program Studi Entomologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (1996-1999). Lulus strata tiga di Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (2010-2012). Karirnya dimulai sebagai dosen Yayasan Pendidikan Jambi di Universitas Batanghari, Jambi sejak tahun 1995, kemudian bergabung menjadi peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi, Balitbangtan, Kementerian Pertanian (2005-2022), dan saat ini sebagai peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (2022-sekarang). Aktif terlibat dalam organisasi profesi diantaranya sebagai Anggota Perhimpunan Peneliti Indonesia/Perhimpunan Periset Indonesia (2019-sekarang), Ketua

Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Jambi (2015-sekarang), pengurus Perhimpunan Entomologi Indonesia Pusat (2015-sekarang), pengurus Ikatan Cendekiawan Muslim Indonesia Orwil Jambi (2023- sekarang), Dewan Pakar pada Pengurus kagama Provinsi Jambi (2023-sekarang), anggota Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komda Jambi (2020-sekarang), anggota Perhimpunan Ilmu Gulma Indonesia (2019-sekarang), anggota Pokja Asosiasi Perlembahan Indonesia dan pengurus Asosiasi Perlembahan Indonesia Daerah Jambi (2022-sekarang).

Buku yang telah dihasilkan antara lain: Peran Penting Serangga dalam Produksi Tanaman Pertanian (2018), Budidaya Tanaman Kopi dan Olahannya untuk Kesehatan (2023), Buku GREEN TECHNOLOGY INNOVATION (Transformasi Teknologi Ramah Lingkungan berbagai Sektor) (2023). Penulis aktif menjadi **editor** pada Buku Hama Utama Tanaman Perkebunan (2023), dan Buku FITOPATOLOGI “MENUJU PERTANIAN BERKELANJUTAN” (2023). Penulis juga aktif menjadi penulis **bagian buku** diantaranya buku Dasar-dasar Perlindungan Tanaman (2022) dan Teknologi Perlindungan Hama dan Penyakit Tanaman Umbi-umbian Lokal (2023), Selain menulis buku, Penulis juga aktif dalam menghasilkan Karya Tulis Ilmiah baik Nasional maupun Internasional juga aktif dalam aktivitas penelitian terkait hama dan penyakit tanaman serta ilmu gulma dan menjadi pemakalah dalam seminar nasional/internasional.

BIODATA PENULIS



Dr. Sri Wahyuni, SP.,M.Si.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Flores

Penulis lahir di Ujungpandang Tanggal 19 September 1981. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Flores sejak tahun 2006. Menyelesaikan pendidikan di Universitas Udayana pada jenjang Sarjana Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan melanjutkan jenjang Magister pada Jurusan Pertanian Lahan Kering bidang Perlindungan Tanaman serta jenjang Doktoral pada Ilmu Pertanian pada bidang Pengendalian Hayati. Selain sebagai dosen, penulis juga aktif dalam organisasi yang bergerak dalam bidang literasi seperti sebagai ketua PPMN (Perkumpulan Penulis dan Motivator Nasional) wilayah Ende (2022 – sekarang), Anggota Forum Taman Baca Nasional (FTBN) wilayah Kabupaten Ende, sebagai ketua dewan editor Jurnal Terakreditasi Nasional AGRICA dan menjadi reviewer di beberapa Jurnal Ilmiah Nasional.

BIODATA PENULIS



Eko Apriliyanto, S.P., M.Sc.
Dosen Program Studi Agroindustri
Politeknik Banjarnegara

Penulis lahir di Banjarnegara tanggal 10 April 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroindustri, Politeknik Banjarnegara (Polibara), Jawa Tengah. Pendidikan S1 diselesaikan pada Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Unsoed Purwokerto dan S2 pada Program Studi Ilmu Hama Tumbuhan, UGM Yogyakarta. Karya buku yang sudah terbit sebelumnya berjudul Pengendalian Hayati. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat periode tahun 2018-2020 dan sebagai Ketua Program Studi Agroindustri periode tahun 2020-sekarang. Penulis sebagai salah satu anggota Perhimpunan Entomologi Indonesia.

BIODATA PENULIS



Mirnawati Dewi, M.Si

Dosen Program Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Palangka Raya

Penulis lahir di Tonggolobibi tanggal 29 Juni 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Parasitologi dan Entomologi Kesehatan. Penulis menekuni bidang Parasitologi dan Entomologi Kesehatan.

BIODATA PENULIS



Dr. Drs. I Wayan Suanda, S.P., M.Si

Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas PGRI Mahadewa
Indonesia

Email: suandawayan65@gmail.com

Kelahiran tanggal 31 Desember 1965 di Kelurahan Pedungan, Kecamatan Denpasar Selatan Kota Denpasar-Bali (80222). Jenjang pendidikan dasar dan menengah sampai perguruan tinggi ditempuh di Bali. Pendidikan Tinggi S1 Pendidikan Biologi (1985-1990); S1 Pertanian, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan (1989-1993); Program Pascasarjana S2 Jurusan Bioteknologi Pertanian Universitas Udayana, Bali (1999-2002) dan Program Doktor (S3) tahun 2012-2017 di Program Studi Ilmu Pertanian, Konsentrasi Sumber Daya Hayati (SDH) di Universitas Udayana. Penulis mulai mengajar di SMP, SMA, SMK di Kota Denpasar dari tahun 1986-2012 dan Dosen PNS Kopertis Wil. VIII (sekarang LLDIKTI) Wil. VIII tahun 1991 yang dipekerjakan pertama kali di Universitas Katolik Widya Mandira Kupang dan akhirnya tahun 1993 direkomendasi di IKIP PGRI Bali (sekarang Universitas PGRI Mahadewa Indonesia), di Denpasar-Bali, ditempatkan (*homebase*) di Program Studi Pendidikan Biologi. Pernah menduduki jabatan di PT yaitu: Kaprodi Pendidikan Biologi

(1995-1999); PD III FPMIPA (1999-2003); Kaprodi Pendidikan Biologi (2003-2011); Dekan FPMIPA (2011-2015) dan Ketua Badan Penjamin Mutu (BPM) di tingkat Universitas (2015-2020); Ketua Tim PAK Pengusulan Jabatan Fungsional (2022-sekarang) dan beberapa jabatan organisasi di luar kampus. Modul/Diktat mengajar serta beberapa produk Pupuk Organik, Pestisida Organik dan pengelolaan sumber daya hayati (SDH) termasuk produk Hasil Fermentasi, serta menjadi Asesor Nasional BKD. Penulis juga menghasilkan buku ber ISBN berjudul:

1. Buku: Pertanian Berkelanjutan, Sebuah Pendekatan Konsep dan Praktis
Terbit: Juli 2020. ISBN 978-623-7559-45-0
<https://drive.google.com/file/d/13MOryloskcY-b-W8ZhMX3X1zSunsJPDX/view?usp=sharing>
2. Buku: “Manisnya Brotowali (*Tinospora crispa* L. Mier) sebagai Fitofarmasida”.
Terbit: Juli 2021. ISBN: 978-623-6259-74-0
https://drive.google.com/folderview?id=14LFZTSDwsgqORvHx0phf_Z6NFo6TUBz-
3. Buku: Stroberi Sehat “Petik Langsung” *Trend Agrowisata*.
Terbit: 16 Februari 2023. ISBN: 978-623-198-089-2
<https://globaleksekitifteknologi.co.id/stroberi-sehat-petik-langsung-trend-agrowisata/>
4. Buku: Pertanian Organik. Terbit: Desember 2022. ISBN 978-623-8102-10-5
https://drive.google.com/file/d/1qOWzsQ3GtD8aVM-uQzEdphuFGYR6pfcP/view?usp=share_link
5. Buku: Biologi Dasar untuk Perguruan Tinggi.
Terbit: November 2022. ISBN: 978-623-8051-54-0
<https://drive.google.com/file/d/1s1tAb18luO6K4BWpjV-Mi2-WF3FN60IZ/view?usp=sharing>
6. Buku: Perlindungan Tanaman. Terbit: Maret 2023. ISBN: 978-623-198-115-8

<https://drive.google.com/file/d/1dkrhJh6WyrDkPqSw6fT8bO7mE0eDjWJU/view?usp=sharing>

7. Buku judul: Teknologi Perlindungan Hama dan Penyakit Tanaman Umbi-Umbian Lokal. Terbit: April 2023. ISBN: 978-623-8065-33-2

<https://drive.google.com/file/d/15oHqCiIBX4b1KBT5Xb8oao8Hhjzke9Ux/view?usp=sharing>

8. Buku: EKOLOGI TUMBUHAN. Terbit: Mei 2023. ISBN : 978-623-198-334-3

<https://drive.google.com/file/d/1ssyO6cOzMCqYogRyHuLr0ZHLHz07ozcr/view?usp=sharing>

9. Buku: MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN. Terbit: Mei 2023. ISBN: 978-623-198-315-2

https://drive.google.com/file/d/1PmIghNLFV_jN-YVvyef7DPdViCBD9Kfr/view?usp=sharing

10. Buku: FISILOGI DAN TEKNOLOGI PASCAPANEN. Terbit: Mei 2023. ISBN: 978-623-198-333-6

https://drive.google.com/file/d/1Y0RuHfcpcm80evjHK90hvP_GdR8WE8LS/view?usp=sharing

11. Buku: DASAR-DASAR ILMU HAMA TANAMAN Terbit: Mei 2023. ISBN : 978-623-198-240-7

<https://drive.google.com/file/d/1889hOWnaGwi6blQ8YCiDCct6jstiwTVN/view?usp=sharing>

BIODATA PENULIS



Jernita Sinaga, SKM.MPH

Dosen Poltekkes Kemenkes Medan
Jurusan Kesehatan Lingkungan

Jernita Sinaga, SKM.MPH, Lahir di Hutabayu Marubun, pada tanggal 08 Juni 1974. Tahun 2004 bergabung di Poltekkes Kemenkes Medan pada Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Dosen Tetap pada tahun 2017 pada Politeknik Kesehatan Kementerian Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan Menyelesaikan pendidikan Sarjana muda (1997) di Akademik Kesehatan Lingkungan meraih gelar (AMKL) dan Sarjana Kesehatan Masyarakat (2011) dengan ilmu minat Jurusan Kesehatan Lingkungan pada Universitas Sumatera Utara dengan gelar (SKM). Gelar Master of Public Health (MPH) diperoleh dari Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat pada Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tanggal 19 Juli 2017, dengan Ilmu Kesehatan Lingkungan. Disiplin ilmu yang disandang adalah Ilmu Kesehatan Lingkungan.

BIODATA PENULIS



Sulistia Ningsih, S.P., M.Sc.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Nahdlatul Ulama
Kalimantan Barat

Penulis merupakan dosen tetap Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat yang lahir di Matang Segantar tanggal 26 April 1992. Penulis merupakan lulusan S1 Jurusan Agroteknologi di Universitas Tanjungpura dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Hama Tanaman di Universitas Gadjah Mada. Sejak 2020-sekarang penulis bekerja sebagai dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat.

Selama menjadi dosen, penulis mengampu beberapa mata kuliah yang berkaitan dengan proteksi tanaman, diantaranya Dasar-dasar Perlindungan Tanaman, Ilmu Hama Tanaman, Pengelolaan Hama Terpadu, Hama dan Penyakit Pascapanen, serta Aplikasi Pestisida. Selain itu, penulis juga aktif dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dengan fokus dibidang proteksi tanaman.