

Oktaviani | Yuyun Nisaul Khairillah
Sutiharni | Rini Anggriani
Silvia Permata Sari | Araz Meilin



ENTOMOLOGI

Editor :
Oktaviani



UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG HAK CIPTA

PASAL 113
KETENTUAN PIDANA
SANKSI PELANGGARAN

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

ENTOMOLOGI

Penulis :

**Oktaviani, S.P., M.Si., Yuyun Nisaul Khairillah,
S.Si., M.Si., Ir. Sutiharni, M.P., Rini Anggriani,
S.Pt., M.Si., Dr. Silvia Permata Sari, S.P. M.P.,
Dr. Araz Meilin, SP., M.Si.**

Editor:

Oktaviani, S.P., M.Si.



ENTOMOLOGI

*Diterbitkan pertama kali dalam bahasa Indonesia
oleh Penerbit Global Aksara Pers*

ISBN : 978-623-462-630-8
viii + 166 hal.; Ukuran A5 (14,8 x 21 cm)
Cetakan Pertama, Juli 2024

Copyright © 2024 Global Aksara Pers

Penulis : Oktaviani, S.P., M.Si., Yuyun Nisaul Khairillah, S.Si.,
M.Si., Ir. Sutiharni, M.P., Rini Anggriani, S.Pt., M.Si.,
Dr. Silvia Permata Sari, S.P. M.P., Dr. Araz Meilin, SP,
M.Si.
Penyunting : Oktaviani, S.P., M.Si.
Desain kover : Tito Nanda Ramadhan
Layouter : Mutia Rizki

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan bentuk dan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

Diterbitkan oleh:



CV. Global Aksara Pers
Anggota IKAPI, Jawa Timur, 2021,
No. 282/JTI/2021
Jl. Wonocolo Utara V/18 Surabaya
+628977416123/+628573269334
globalaksarapers.com

PRAKATA PENULIS

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kemudahan, sehingga buku ini dapat terselesaikan dengan baik.

Entomologi adalah salah satu cabang ilmu yang mempelajari segala sesuatu mengenai serangga. Buku ini disusun dengan tujuan memberikan pengetahuan yang komprehensif tentang serangga, meliputi aspek morfologi, fisiologi, ekologi, dan peranannya dalam kehidupan manusia serta lingkungan. Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi generasi muda dan masyarakat umum yang tertarik mempelajari dunia serangga.

Kami menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Selamat membaca dan semoga buku ini memberikan manfaat yang besar bagi kemajuan ilmu pengetahuan di bidang entomologi.

26 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA PENULIS	v	
DAFTAR ISI	vi	
BAB I ENTOMOLOGI BERKAITAN DENGAN ANATOMI		
SERANGGA	1	
A. Entomologi	1	
B. Morfologi Serangga	8	
C. Kepala.....	16	
BAB II STRUKTUR TORAKS, KAKI, SAYAP DAN ABDOMEN		
PADA SERANGGA	19	
A. Struktur Serangga.....	19	
B. Toraks.....	20	
C. Tungkai	22	
D. Sayap.....	26	
E. Abdomen	29	
BAB III STRUKTUR ANTENA DAN ALAT MULUT		33
A. Antena	33	
B. Alat Mulut.....	44	
BAB IV PERKEMBANGAN DAN METAMORFOSIS		
SERANGGA	53	
A. Perkembangan Serangga.....	53	
B. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Serangga..	56	
C. Metamorfosis.....	61	
BAB V IDENTIFIKASI SERANGGA		73
A. Identifikasi Serangga	74	
B. Serangga (Insecta).....	76	
C. Jenis Serangga Hutan.....	101	

BAB VI HYMENOPTERA.....	111
A. Morfologi Hymenoptera.....	112
B. Metamorfosis Hymenoptera.....	114
C. Serangga Hymenoptera.....	116
BAB VII LEPIDOPTERA.....	129
A. Pendahuluan.....	129
B. Famili Utama Lepidoptera.....	132
C. Pentingnya Lepidoptera dalam Ekosistem	134
D. Anatomi dan Siklus Hidup.....	136
E. Keanekaragaman Lepidoptera.....	143
F. Sistem Pertahanan Lepidoptera.....	147
G. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Populasi Lepidoptera.....	150
H. Kepentingan Ekologi dan Konservasi Lepidoptera	152
DAFTAR PUSTAKA	155



BAB I

ENTOMOLOGI BERKAITAN DENGAN ANATOMI SERANGGA

A. Entomologi

1. Apa yang dimaksud dengan Entomologi.

Entomologi merupakan suatu ilmu mengenai serangga, sehingga entomologist adalah pelaku, atau seseorang yang belajar mengenai serangga, observasi, mengoleksi, mengurus ataupun bereksperimen terhadap serangga (Lumowa dan Purwati, 2021).

2. Pentingnya serangga

Serangga mendominasi pada bagian rantai makanan ataupun *fod web*, baik dari segi volume ataupun jumlahnya (Ayu *et al.*, 2020). Serangga juga dapat hidup di air, udara bahkan tanah, hidup secara individual, sub sosial dan sosial, serangga dapat hidup pada kondisi yang kisarannya luas, seperti kondisi panas ataupun dingin, lembab dan kering bahkan pada iklim yang tidak dapat diprediksi.

3. Serangga dalam fungsi ekosistem

Serangga merupakan bagian penting dalam fungsi ekosistem meliputi (Akbar *et al.*, 2020):

- a. Daur ulang nutrisi, melalui proses penguraian baik pada daun, batang (sisa tanaman), bangkai ataupun kotoran, yang akan membuat nutrisi kembali tersedia pada tanah
- b. Perkembang biakan tanaman, melalui polinasi dan penyebaran benih -pemeliharaan tanaman, komposisi maupun struktur.
- c. Sebagai makanan bagi insektivora baik vertebrata, mammalia, burung, reptil dan ikan
- d. Pemeliharaan dari hewan, seperti penyebaran penyakit (untuk hewan yang besar), predasi dan parasitasi pada hewan yang berukuran kecil.

Ada beberapa spesies serangga yang disebut sebagai “spesies kunci” karena adanya kerugian yang ditimbulkan akibat penurunan fungsi ekologi pada spesies tersebut tetapi berpengaruh pada ekosistem luas (Mulyadi dan Dede, 2020). Sebagai contoh: rayap yang membantu mengubah selulosa pada sisa kayu, menjadi bahan organik (BO) dan akhirnya menyatu dengan tanah dan diserap tanaman.

Serangga juga berperan penting dalam kesehatan manusia yang berhubungan dengan makanan, dimana memiliki efek terhadap pertanian. Selain itu juga serangga berperan luas dalam chemical compound, dimana beberapa bagian serangga dapat dikoleksi, diekstrak dan dsinteisi untuk kebutuhan kita. Seperti kitin pada serangga dapat digunakan sebagai anticoagulants dll. Ada juga uat sutera

(*Bombyx morii*) yang dapat memproduksi sutera dan dapat digunakan oleh manusia.

Serangga bukan hanya bermanfaat dari segi ekonomi dan lingkungan, tetapi juga terhadap proses biologi, sebagai contoh bagaimana pentingnya sifat genetik suatu serangga dalam mempermudah proses biologi pada lingkungan, sifat genetik tersebut seperti kesuburan, waktu perkembangbiakan yang singkat, dan lain-lain.

4. Keragaman serangga

a. Mendeskripsikan kekayaan taksonomi dari serangga

Sudah ditemukan beberapa serangga yang memiliki jumlah yang paling berlimpah dari beberapa ordo serangga, seperti kumbang (coleoptera) sebanyak lebih dari 350.000 spesies, semut dan lebah (Hymenoptera) lebih dari 150.000 spesies, lalat (diptera) 150.000 spesies, kupu-kupu dan ngengat (Lepidoptera) 150.000 spesies dan kepik (Hemiptera) sebanyak 100.000 spesies. Dan masih banyak ordo lainnya yang juga sudah banyak diketahui spesiesnya (Yudhastuti *et al.*, 2024).

b. Perkiraan kekayaan taksonomi serangga

Penentuan perkiraan total kekayaan jenis serangga dapat dilakukan dengan ekstrapolasi. Ekstrapolasi menggunakan perhitungan memperkirakan rasio dalam satu taksonomi serangga dengan serangga lainnya yang berada pada daerah berbeda. Ada juga teknik molekuler, seperti DNA barcoding, tetapi berhubungan dengan teknisi keragaman yang terlatih (Parataxonomist) (Martiansyah, 2021).

c. Lokasi kekayaan jenis serangga

Pola persebaran serangga secara geografis tidak merata, akan tetapi pada kondisi iklim tropis (belahan bumi selatan) lebih tinggi dibandingkan yang beriklim sedang (belahan bumi utara). Ada beberapa alasan dari kekayaan jenis serangga yaitu (Nayomi, 2022):

- 1) Ukuran tubuh yang kecil sehingga lingkungan lebih berjalan baik bagi prespektif serangga dibandingkan dengan makhluk hidup yang ukurannya lebih besar.
- 2) Kepekaan terhadap perbedaan kondisi lingkungan, dikarenakan adanya sensor dan neuromotor sistem yang canggih dibandingkan dengan hewan vertebrata dan invertebrata lainnya.
- 3) Adanya interaksi antara serangga dengan banyak jenis
- 4) Organisme (coevolutionary).
- 5) Kemampuan serangga dalam seleksi seksual pada keberagaman serangga.

5. Penamaan dan Klasifikasi serangga

Penaamaan pada serangga ditentukan berdasarkan peraturan Nomenklatur, digunakan untuk mempermudah para scientis dalam mengenali suatu serangga walaupun dari berbagai daerah dengan bahasa yang berbeda. Penamaan dibagi menjadi beberapa perbedaan tingkatan, tingkatan yang paling mudah untuk dibedakan ialah Ordo, Famili, Genus dan Spesies. Penamaan menggunakan nama latin dan dicetak miring. Klasifikasi serangga dalam menentukan grup taksonomi disebut taxa (taxon) (Gambar

1.1). Misalnya, genus (*Aedes*) dan spesies (*aegypti*) sehingga menghasilkan nama spesies *Aedes aegypti* (Maksum *et al.*, 2024).

Table 1.1 Taxonomic categories (obligatory categories are shown in **bold**).

Taxon category	Standard suffix	Example
Order		Hymenoptera
Suborder		Apocrita
Superfamily	-oidea	Apoidea
Epifamily	-oidae	Apoidae
Family	-idae	Apidae
Subfamily	-inae	Apinae
Tribe	-ini	Apini
Genus		<i>Apis</i>
Subgenus		
Species		<i>A. mellifera</i>
Subspecies		<i>A. m. mellifera</i>

Gambar 1.1. Penamaan berdasarkan kategori taksonomi (Maksum *et al.*, 2024)

6. Serangga dalam budaya populer dan perdagangan

Serangga dapat berperan banyak hal dalam kehidupan manusia. Dapat sebagai karya seni yang terkait upacara budaya, symbol, indikator keadaan suatu lingkungan, dan sebagai bahan perdagangan. Contoh serangga yang telah banyak dikenal masyarakat adalah Semut dan Lebah. Sebagai lambang pekerja keras. Dan ada pula beberapa serangga dikenal baik dalam mitologi yaitu, *Dung beetle* dari mesir dan Cina kuno menyatakan jangkrik sebagai simbol keabadian,

belalang sembah (*praying mantis*) symbol penciptaan dan kesabaran (Diantoro dan Syakir, 2021).

Perdagangan serangga biasa dilakukan dalam bentuk:

- a. Pameran serangga sebagai objek wisata
- b. Jual beli kumbang kumbang badak asli (*Scarabaeidae, Allomyrina dichotoma*) dan kumbang rusa besar (*Lucanidae, Dorcus curvidens*) di Jepang diperdagangkan menggunakan US\$
- c. Di Asia khususnya Malaysia ada minat dalam pemeliharaan,
- d. membuka pameran dan perdagangan Belalang (Mantodea)

Pemeliharaan serangga dilakukan secara rutin dengan tujuan untuk untuk perdagangan, penulisan ilmiah, dan konservasi serta di reintroduksi ke lapang.

7. Konservasi Serangga

Ancaman terhadap keberadaan serangga sama seperti organisme lain berupa, kehilangan habitat, fragmentasi, perubahan iklim dan invasi serangga. Kesadaran konservasi terhadap serangga masih belum banyak ditemui, akan tetapi ada istilah "**Flagship species**" yaitu spesies unggulan yang bisa menjadi senjata untuk menarik perhatian karena ketahanannya, morfologi yang unik, dan kekhasan yang dimilikinya untuk menjadidaya tarik dalam melakukan konservasi. Sehingga saat konservasi suatu spesies dapat melindungi spesies lain yang hal itu disebut sebagai "efek payung" (Sesa *et al.*, 2014).

6 prinsip dasar untuk konservasi serangga:

- a. mempertahankan habitat
- b. melindungi lahan diluar habitat
- c. mempertahankan kualitas heterogen dari suatu lahan
- d. mengurangi pebedaan lahan sisa dan lahan terganggu
- e. meniru kondisi alam alami untuk lahan yang telah rusak
- f. memperbaiki habitat yang telah rusak.

8. Serangga sebagai makanan

- a. Serangga sebagai makanan manusia (Entomophagy)
Kurang lebih 2000 spesies serangga didalam 100 famili yang dikonsumsi oleh manusia terutama di Africa, Asia, Australia dan Amerika Latin. Jenis serangga yang dikonsumsi yaitu, rayap, jangkrik, belalang, kumbang, semut, lebah dan larva ngengat (Firdaus, 2017). Serangga dikonsumsi karena memiliki protein yang tinggi, energi dan vitamin yang beragam, serta mineral. Sebagai contoh larva benggol kelapa sawit mengandung Lemak hewani yang tinggi. Di Afrika orang-orang memelihara kepompong ngengat untuk dikonsumsi karna kaya akan zat besi dan kadar protein yang mencapai 45-80% (Yahya, 2003).
- b. Serangga sebagai makanan hewan jinak.
Serangga dengan protein yang tinggi juga berlaku pada hewan, di China nutrisi dari serangga digunakan untuk makanan hewan seperti ikan, umggas, babi dan pertanian. Di India pupa ulat sutra digunakan sebagai

bahan pembuatan suplemen yang tinggi protein unrtuk ayam (Malika dan Lintang, 2012).

B. Morfologi Serangga

1. Mengapa Morfologi Serangga Perlu dipelajari?

Pengetahuan morfologi ini sangat penting untuk menjelaskan fungsi dari bentuk serangga yang bermacam-macam dan untuk memudahkan dalam proses identifikasi. Serangga tubuhnya bersegmen dan memiliki karakteristik eksoskeleton dari semua arthropoda. Kelompok serangga dibedakan dengan adanya modifikasi yang bervariasi pada eksoskeleton dan alat pelengkapannya. Analisis biomekanik pada morfologi (contohnya mempelajari bagaimana serangga terbang dan makan) bergantung pada pengetahuan struktur morfologinya. Pengetahuan morfologi ini sangat penting **untuk menjelaskan fungsi dari bentuk serangga** yang bermacam-macam dan **untuk memudahkan dalam proses identifikasi**. Serangga dewasa normalnya memiliki sayap (Pterygota) namun beberapa serangga primitive tidak memiliki sayap (Apterygota). Homologi adalah kesamaan struktur atau bentuk morfologi antara kelompok (taxa) yang berbeda (Ristiyanto *et al.*, 2021). Umumnya berdasarkan 3 hal (Tijanuddarori dan Bahtiar, 2021):

- a. Ontogeni (perkembangan dari telur hingga dewasa)
- b. Komposisi (Ukuran dan detail yang muncul)
- c. Posisi (pada segmen yang sama atau relatif sama letak segmennya).

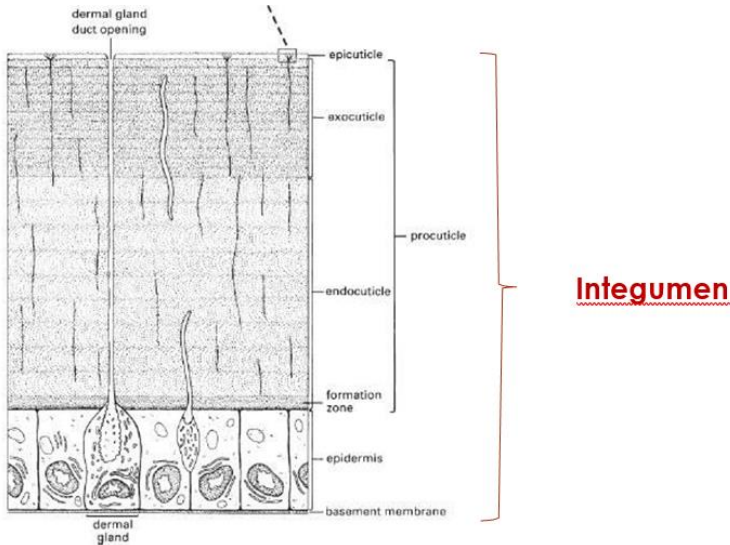
Misalnya sayap → kesamaan venasi dan artikulasinya. Serial homolog adalah bagian dari homologi. Mengacu pada struktur yang sesuai pada segmen yang berbeda dari serangga individu

Ada 3 macam perkembangan serangga (Gullan dan Cranston, 2014):

- a. **Ametabola** (tidak mengalami metamorfosis kecuali kematangan seksualnya)
- b. **Hemimetabola** (metamorfosis tidak sempurna)→ fase pradewasa: **nimfa**
- c. **Holometabola** (metamorfosis sempurna)→ fase pradewasa: **larva**

2. Kutikula

Kutikula merupakan lapisan berupa eksoskeleton yang kuat dari tubuh serangga. Sebagai Apodemes (Dukungan dari dalam dan tempat melekatnya otot). Berperan membatasi antara jaringan tubuh dan lingkungan sekitar. Pembatas kehilangan air: Kutikula terletak diatas lapisan epidermis yang terdiri dari prokutikula dan epikutikula. Lapisan kutikula dan epidermis membentuk suatu integumen (bagian terluar dari tubuh serangga) (Gullan dan Cranston, 2014). Lapisan epidermis erat kaitannya dengan proses ganti kulit (ecdysis) (Gambar 1.2).

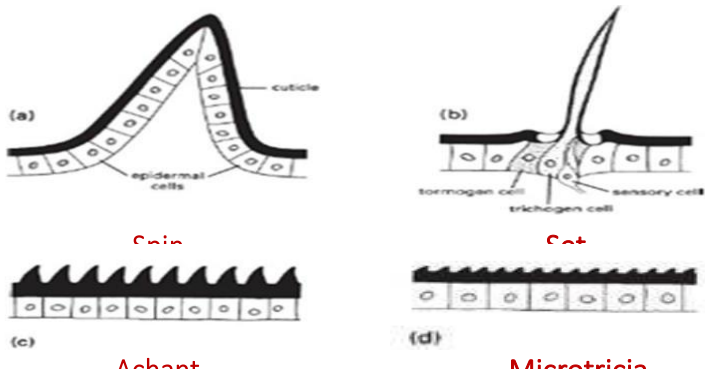


Gambar 1.2. Lapisan epidermis kulit serangga
(Gullan dan Cranston, 2014)

Kutikula yang mengalami sklerotisasi (Gambar 1.3):

- a. **Spines (Duri)** bersifat multiseluler dengan sel epidermal yang tidak berdiferensiasi.
- b. **Setae**, juga disebut rambut, macrotrichia atau trichoid sensilla, bersifat multiseluler sel-sel khusus
- c. **Acanthae** berasal dari uniseluler
- d. **Microtrichia** adalah subselular, dengan beberapa hingga banyak ekstensi per sel.

Kupu-kupu dan ngengat (Lepidoptera) memiliki 3 sel terpisah membentuk seta, satu untuk pembentukan rambut (**sel trikchogen**), satu untuk pembentukan soket (**sel tormogen**) dan satu sel sensorik (Gullan dan Cranston, 2014).



Gambar 1.3. Kutikula pada bagian tubuh serangga
(Gullan dan Cranston, 2014)

3. Epikutikula

Epikutikula memiliki ketebalannya sekitar 1-4 μm . Lapisan ini terdiri dari inner epikutikula, outer epikutikula, lapisan lilin dan semen. Lapisan ini berperan penting untuk mencegah dehidrasi (Gullan dan Cranston, 2014).

Fungsi lapisan lilin:

- Menghalangi adanya predasi
- Menyediakan pola mimikri atau kamuflase
- Mencegah kelebihan air hujan
- Memantulkan radiasi matahari dan sinar ultraviolet
- Memberi tanda penglihatan yang spesifik

4. Prokutikula

Prokutikula memiliki ketebalannya sekitar 10 μm – 0,5 mm. Lapisan terdiri dari eksokutikula dan endokutikula. Lapisan ini kaya akan kandungan kitin dan protein. Hanya lapisan eksokutikula yang tersklerotisasi. Umumnya kutikula keras namun ada juga yang fleksibel dan dapat diperpanjang. Kutikula yang lunak disebut **Arthrodiol membrane** (Gullan dan Cranston, 2014).

Kutikula yang mengalami sklerotisasi (Gullan dan Cranston, 2014):

- a. Spines (Duri) bersifat multiseluler dengan sel epidermal yang tidak berdiferensiasi.
- b. Setae, juga disebut rambut, macrotrichia atau trichoid sensilla, bersifat multiseluler sel-sel khusus
- c. Acanthae berasal dari uniseluler
- d. Microtrichia adalah subselular, dengan beberapa hingga banyak ekstensi per sel.

5. Produksi Warna

Adanya interaksi cahaya dengan kutikula dan/ sel bagian bawahnya atau cairan dari 2 mekanisme yang berbeda. Mekanisme pembentukan warna serangga (Gullan dan Cranston, 2014):

- a. Secara fisik dari penghamburan dan pembiasan cahaya.
- b. Pigmen warna.

6. Pigmen Serangga

Pigmen serangga dihasilkan dari 3 cara (Gullan dan Cranston, 2014):

- a. Metabolisme serangga sendiri: Pigmen dihasilkan melalui proses biokimia internal serangga.
- b. Sumber tanaman: Pigmen diperoleh dari pigmen tanaman yang dimakan oleh serangga.
- c. Endosimbion mikroba (jarang): Pigmen dihasilkan dari mikroorganisme yang hidup di dalam tubuh serangga, meskipun ini jarang terjadi.

Pigmen terletak pada kutikula, epidermis, haemolimp atau lemak tubuh. Macam-macam pigmen dan warna yang dihasilkan (Gullan dan Cranston, 2014):

- a. Melanin → hitam, coklat, kuning dan merah
- b. Karotenoid, Ommokrom, papiliokrom, dan pteridin → kuning hingga merah
- c. Flavonoid → kuning
- d. Tertrapiroles → merah, biru dan hijau
- e. Quinon → merah dan kuning

7. Segmentasi dan Tagmosis

Segmentasi menggambarkan area yang tersklerotisasi. **Tagmosis** adalah proses penggabungan segmen menjadi suatu unit yang memiliki fungsi tertentu (kepala, thorak dan abdomen) (Gullan dan Cranston, 2014).

Serangga memiliki 20 segmen:

- a. Kepala 3 segmen: Kepala serangga terdiri dari tiga segmen yang menyatu dan berfungsi untuk mendukung organ sensorik dan mulut.
- b. Thorak 3 segmen: Thorak serangga memiliki tiga segmen yang masing-masing biasanya mendukung sepasang kaki dan, pada beberapa spesies, sayap.
- c. Abdomen 11 segmen: Abdomen serangga terdiri dari sebelas segmen yang mengandung sebagian besar organ internal seperti sistem pencernaan, reproduksi, dan ekskresi.

Sklerit adalah Lempengan dinding serangga tersklerotisasi dan membatasi bagian lainnya. Bagian utama sklerit (Gullan dan Cranston, 2014):

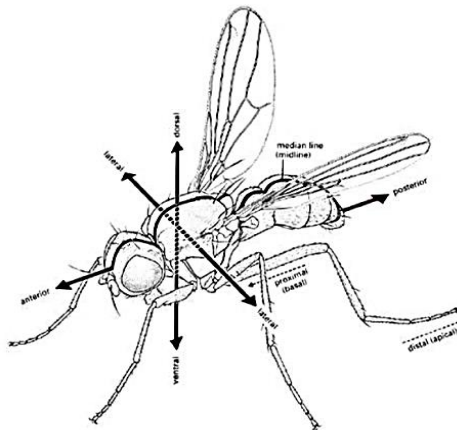
- a. Tergum (dorsal): Bagian punggung dari segmen tubuh serangga.
- b. Sternum (ventral): Bagian perut dari segmen tubuh serangga.

- c. Pleuron (samping): Bagian samping dari segmen tubuh serangga.

Arah Pengamatan Serangga

Untuk mengamati tubuh serangga (Gambar 1.4):

- Longitudinal (anterior-posterior): Merujuk pada orientasi dari bagian depan (anterior) ke bagian belakang (posterior) tubuh serangga.
- Dorsoventral (Dorsal-ventral): Mengacu pada orientasi dari bagian atas (dorsal) ke bagian bawah (ventral) tubuh serangga.
- Transverse/lateral: Menunjukkan arah melintang atau menyilang tubuh serangga, dari sisi ke sisi (kiri ke kanan atau sebaliknya) (Gullan dan Cranston, 2014).



Gambar 1.4. Bagian pengamatan serangga dari berbagai sisi (Gullan dan Cranston, 2014)

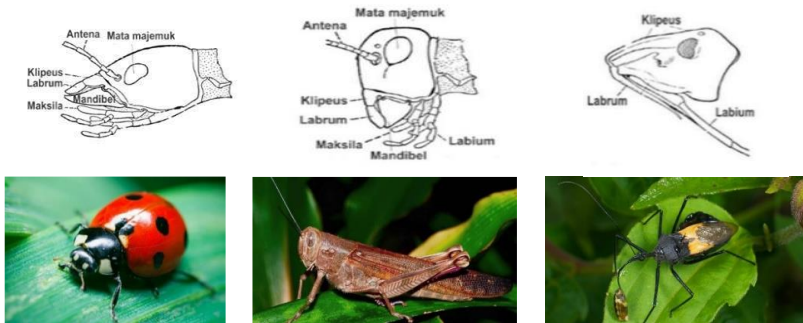
Untuk alat pelengkap atau embelan:

- Proximal atau basal (dekat dengan tubuh)

- b. Mesal atau medial (diantara dekat dan jauh dari tubuh)
- c. Distal atau apikal (jauh dari tubuh)

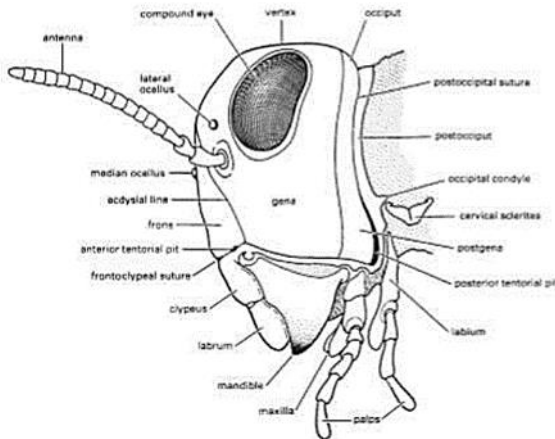
Tipe serangga berdasarkan letak alat mulutnya

- a. Hypognathous (alat mulut menghadap ke bawah) ordo Coleoptera (Gambar 1.5)
- b. Prognathous (alat mulut menghadap ke depan) ordo Orthoptera
- c. Ophistognathous (alat mulut menghadap ke belakang) ordo Hemiptera (Gullan dan Cranston, 2014)



Gambar 1.5. Tipe serangga berdasarkan alat mulutnya (Gullan dan Cranston, 2014)

C. Kepala



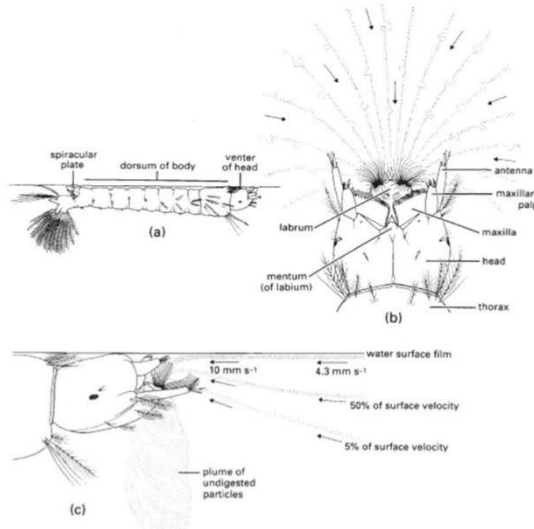
*Gambar 1.6. Bagian kepala serangga beserta embelannya
(Gullan dan Cranston, 2014)*

Segmen yang terdapat pada kepala, yaitu (Gambar 1.6) (Gullan dan Cranston, 2014):

1. Preantennal (okular): Segmen kepala yang terletak di depan antena, berfungsi sebagai tempat mata majemuk.
2. Antena: Segmen kepala yang mendukung antena, organ sensorik utama untuk mendeteksi bau, rasa, dan sentuhan.
3. Labral (segmen intercalary): Segmen kepala yang mengandung labrum, struktur seperti bibir yang membantu memanipulasi makanan.
4. Mandibula: Segmen kepala yang mendukung mandibula, struktur kuat untuk mengunyah atau memotong makanan.

5. Maksila: Segmen kepala yang mendukung maksila, yang berfungsi dalam pemrosesan makanan dan manipulasi.
6. Labial: Segmen kepala yang mendukung labium, bagian yang berfungsi sebagai "bibir" bawah serangga, membantu menahan dan memanipulasi makanan.

Struktur Sensor pada kepala



Gambar 1.7. Struktur sensorik pada bagian kepala serangga (Gullan dan Cranston, 2014)

Struktur sensorik pada bagian kepala serangga terdiri atas (Gullan dan Cranston, 2014):

1. Mata majemuk: Mata yang terdiri dari banyak unit optik kecil yang disebut ommatidia, umum pada serangga dan crustacea (Gambar 1.7).
2. Antena: Struktur panjang dan ramping yang digunakan oleh serangga dan arthropoda lainnya untuk merasakan lingkungan sekitarnya, terutama bau dan sentuhan.

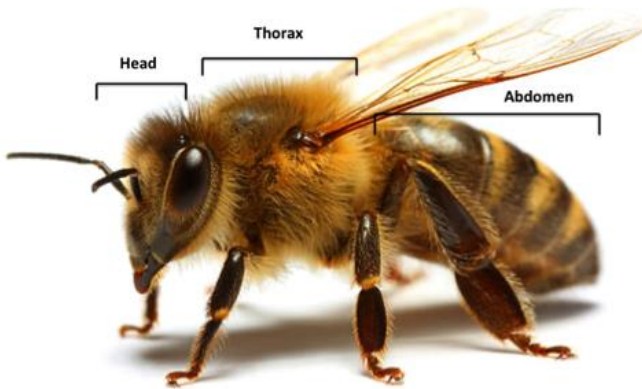
3. Sensilia (kemoreseptor): Struktur sensorik kecil yang ditemukan pada permukaan tubuh serangga yang mendeteksi rangsangan kimia dari lingkungan.

BAB II

STRUKTUR TORAKS, KAKI, SAYAP DAN ABDOMEN PADA SERANGGA

A. Struktur Serangga

Pada dasarnya serangga mempunyai tiga bagian tubuh utama yaitu bagian kepala, toraks, dan abdomen. Bagian kepala pada serangga memiliki peran yang sangat penting yaitu sebagai pusat kendali alat indra karena dibagian dalamnya terdapat organ alat indra yaitu mata, antena serta terdapat bagian lain yang memang peran penting juga yaitu mulut. Sedangkan pada bagian dada serangga mempunyai peran sebagai bagian pelengkap yang digunakan membantu dalam proses pergerakan pada serangga.



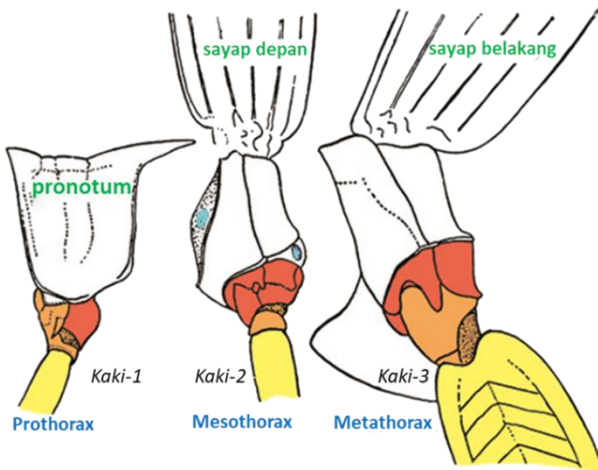
Gambar 2.1 Struktur anatomi serangga secara umum terdiri dari bagian kepala, toraks, dan abdomen

Pada bagian dada serangga juga terdapat tiga pasang tungkai dan terdapat juga dua pasang sayap pada bagian ini. Sedangkan pada bagian abdomen pada serangga berisi sebagian besar alat saluran pencernaan pada serangga, serta terdapat organ dalam dan juga organ luar yang berfungsi sebagai alat reproduksi. Struktur anatomi serangga secara umum terlihat pada Gambar 2.1.

B. Toraks

Toraks pada serangga umumnya di bagi menjadi tiga bagian yaitu *prothorax* (pro = pertama), *mesothorax* (meso = tengah), dan *metatorax* (meta = terakhir). Setiap segmen dari bagian toraks pada serangga memiliki bagian yang mengalami pengerasan atau di kenal dengan sklerit. Sklerit pada serangga ada beberapa jenis diantaranya sklerit punggung yang di sebut dengan nota (sing. Notum), sklerit

lateral atau pleura (sing. Pleuron), dan sklerit ventral atau tulang dada (sing. Tulang dada).



Gambar 2.2 Bagian toraks pada serangga

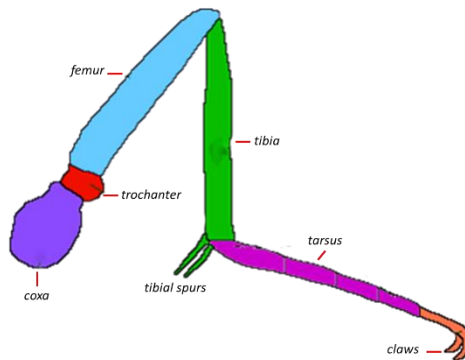
Masing – masing dari setiap segmen yang berada pada bagian toraks serangga berisi sepasang tungkai. Sedangkan sayap pada bagian serangga hanya terdapat pada bagian meso dan pada bagian segmen metatoraks. Sedangkan dada pada bagian tubuh serangga berada pada bagian tengah serangga dan terletak di antara bagian tengah yaitu berada di antara bagian kepala belakang dan di depan bagian abdomen. Pada bagian toraks juga terdapat sayap dan tungkai. Selain itu juga pada bagian toraks terdapat tiga pasang tungkai yang menyebabkan adanya pergerakan pada serangga (Renner, 1993). Bagian – Bagian pada toraks serangga terlihat pada gambar 2.2.

C. Tungkai

Pada tungkai serangga terdapat tiga pasang tungkai, dimana ketiga pasang tungkai ini berasal dari bagian dada serangga. Tungkai pada serangga memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda – beda. Hal ini dikarenakan setiap serangga memiliki cara gerak yang berbeda – beda. Beberapa jenis serangga memiliki fungsi tungkai yang berbeda antara lain sebagai alat untuk berjalan, berenang maupun melompat. Bahkan beberapa jenis serangga memiliki bentuk tungkai yang di adaptasi dari kegunaannya sebagai contoh beberapa jenis serangga memiliki tungkai yang di desain untuk membawa serbuk sari atau bahkan untuk menangkap mangsanya.

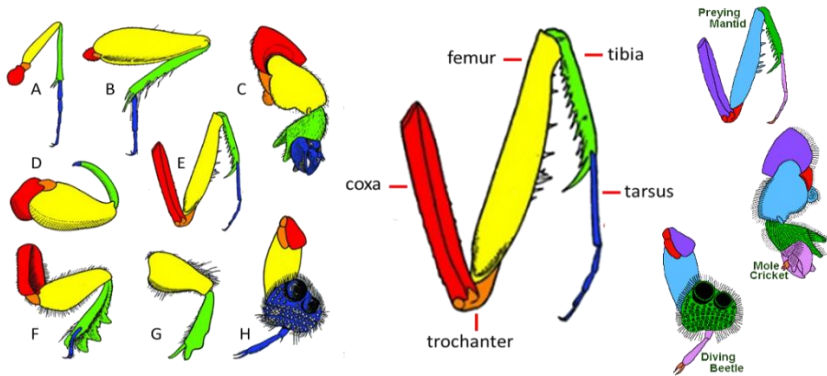
Umumnya tungkai pada serangga memiliki cakar kecil atau sejenis bantalan yang tergantung pada jenis gerakannya dan tergantung juga pada kondisi lingkungan yang mereka tinggali. Sebagai contoh tungkai belalang terdiri dari koksa (ruas pertama), trochanter (ruas kedua), femur (ruas ketiga), yang memiliki ukuran yang lebih besar serta panjang. Kemudian pada ruas ke empat memiliki tibia, serta ruas terakhir berupa tarsus (Packard, 1899). Selain itu juga di ketahui belalang memiliki dua pasang sayap dimana sayap bagian depan lebih panjang dan memiliki bentuk yang menyempit. Selain itu juga bagian ini memiliki bagian yang mengalami penebalan yang disebut dengan tegmina (tegmen), sedangkan sayap bagian belakangnya memiliki struktur yang lebih tipis dibandingkan dengan bagian yang lain serta lebih lebar (Susanto et al., 2018).

Serangga dewasa maupun serangga pada fase nimfa umumnya memiliki bagian tungkai berupa tungkai bagian depan (protorax), bagian tengah (mesothorax), dan bagian belakang (metatorax) (Gullan & Cranston, 2014). Secara umum serangga memiliki tungkai yang terdiri atas beberapa bagian yaitu bagian coxa, trochanter, femur, tibia serta tarsus (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Struktur tungkai pada serangga

Bagian coxa pada serangga berfungsi sebagai suatu alat pergerakan serangga yang dapat memungkinkan serangga untuk dapat berputar ke segala arah dengan baik. Tarsomer pada serangga merupakan suatu bagian yang berfungsi sebagai bagian yang membangun tarsus yang tersusun atas beberapa segmen yang ada. Sedangkan dibagian ujung tarsus terdapat suatu bagian yang menyerupai cakar yang dikenal dengan pretarsus. Serta serangga juga memiliki benjolan pada bagian tengah yang di kenal dengan sebutan arolium (Prasetyo et al., 2019).



Gambar 2.4 Bentuk tungkai serangga sesuai dengan keperluan dan lingkungannya

Diketahui tungkai pada serangga memiliki peran tersendiri sesuai dengan lingkungan tempat hidupnya seperti tungkai serangga ada yang di desain untuk menggenggam, melompat, berenang, menggali, bernyanyi, dan sebagai alat pembersih. Sedangkan tipe tungkai pada serangga dari ordo Orthoptera yaitu berfungsi sebagai saltoria, yang digunakan untuk alat akomodasi serangga seperti melompat yang menggunakan tungkai bagian belakangnya (Rahayu et al., 2021) (Gambar 2.4).

Jenis – jenis bentuk tungkai serangga :

1. Ambulatorial

Jenis tungkai serangga ambulatorial merupakan jenis tungkai serangga yang digunakan untuk berjalan. Dimana susunan tungkainya terdiri enam segmen antara lain koxa, trokanter, femur, tibia, tarsus, dan juga pretarsus. Adanya bagian femur dan tibia pada serangga membentuk suatu bagian yang lebih panjang dari pada bagian yang lain. Diantara kedua femur dan tibia seranggaini terdapat suatu

tonjolan pada bagian lutut yang berfungsi sebagai alat pergerakan ketika serangga berada di atas tanah agar menjadi lebih stabil. Pada bagian tarsus serangga terdapat suatu segmen yang dikenal dengan tarsomeres. Sedangkan pada bagian pretarsus terdapat kuku yang berfungsi sebagai alat bantu berjalan untuk di permukaan yang kasar dan dikenal dengan unguis.

2. Cursorial

Serangga yang memiliki jenis tungkai cursorial memiliki manfaat sebagai alat bantu dalam proses berlari dan biasanya bentuknya ramping dan memanjang. Konstruksi bentuk tungkai serangga yang seperti ini juga berfungsi sebagai alat yang membantu dan memudahkan serangga menghadapi lingkungan yang kurang baik seperti mengurangi gesekan dan memudahkan serangga dalam berlari. Sebagai contoh serangga yang memiliki tipe tungkai ini ialah kecoak.

3. Saltorial

Saltorial merupakan jenis tungkai serangga yang telah mengalami modifikasi untuk melompat. Ciri khas dari serangga yang memiliki bentuk tungkai ini ialah bentuk femurnya yang membesar dan femur juga membesar. Selain itu juga bagian telapak tarsalnya memiliki ukuran yang lebih lebar dengan kuku yang berduri. Contoh dari serangga yang memiliki tipe tungkai ini ialah belalang.

4. Raptorial

Serangga yang memiliki tipe tungkai raptorial umumnya memiliki bentuk tungkai bagian depan yang biasanya termodifikasi untuk menggenggam dan memegang makanan yang diperolehnya. Selain itu juga femur dan tibia pada

serangga di desain untuk menusuk mangsa supaya tidak terlepas pada saat menggenggam.

5. Natatorial

Merupakan serangga yang memiliki jenis tungkai yang digunakan untuk berenang, selain itu juga memiliki bentuk tungkai bagian belakang yang sangat pipih, terdapat juga rambut kasar yang digunakan untuk membantu serangga dalam berenang.

6. Fossorial

Tipe jenis tungkai fossorial merupakan tipe jenis tungkai depan yang bentuknya memendek, bergerigi dan keras, khususnya di bagian femur atau tibianya. Umumnya jenis tungkai fossorial digunakan untuk menyapu dan menggali tanah yang digunakan serangga sebagai tempat hidupnya. Pada jenis tungkai ini terdapat suatu bagian yang di kenal dengan nama tarsi.

7. Clasping

Adapun jenis tungkai pada tipe serangga ini ialah di rekonstruksi untuk jenis serangga yang ada di perairan. Adapun jenis tungkai pada serangga ini juga digunakan untuk memegang betina pada saat kopulasi (Packard, 1899).

D. Sayap

Sayap merupakan salah satu bagian penting pada serangga dimana dalam hal ini sayap merupakan suatu bagian yang berasal dari dada. Tetapi dalam beberapa kondisi tidak semua serangga mempunyai sayap. Hanya serangga dewasa yang mempunyai sayap. Bentuk dan struktur sayap pada serangga beranekaragam. Beberapa jenis serangga memiliki

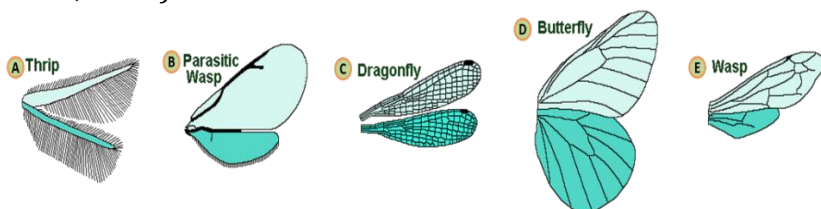
sayap yang dimodifikasi untuk kegiatan terbang. Misalnya beberapa jenis serangga memiliki sayap depan yang sangat keras dan berfungsi untuk melindungi bagian tubuh yang belakang contohnya pada beberapa jenis kumbang. Sedangkan beberapa jenis serangga lainnya seperti pada lalat, sayap belakang dimodifikasi dan berguna untuk membantu keseimbangan selama serangga tersebut melakukan penerbangan. Beberapa kelompok ngengat dan kupu – kupu memiliki sayap yang di tutupi dengan sisik – sisik kecil yang berfungsi untuk memberikan warna pada bentuk sayap mereka (Rahayu et al., 2021).

Serangga juga memiliki beberapa tipe sayap. Serangga yang bersayap pada umumnya memiliki suatu proterotoraks. Tipe sayap pada serangga terlihat pada gambar 2.3. Serangga memiliki suatu bagian proterotoraks yang merupakan bagian mesotoraks dan metatoraks dari serangga bersayap yang memiliki ukuran paling besar dibandingkan dengan bagian protoraksnya. Bagian protoraks pada serangga akan menghasilkan sayap yang digunakan dalam proses pergerakan. Selain itu juga bagian protoraks ini akan menggerakkan otot – otot sayap.

Perkembangan sayap pada serangga mengalami perubahan seiring dengan pertumbuhan serangga ke arah dewasa. Pada serangga dewasa umumnya sayapakan mengalami perubahan perumbuhan ke arah yang lebih sempurna bila dibandingkan dengan serangga anakan (Erawati & Kahono, 2015). Pada serangga sayap memiliki peran vital dan sangat penting karena sebagai alat pergerakan serangga yaitu terbang. Sayap serangga memiliki ciri khas yang sangat menonjol dan berbeda dengan hewan lain yaitu

sayap serangga merupakan suatu bagian yang telah mengalami modifikasi dari bagian kutikula yang membedakannya dengan bagian tungkai. Sayap pada serangga memiliki tekstur, warna dan bentuk yang sangat beragam.

Setiap serangga yang satu dengan serangga yang lainnya memiliki ciri khas tersendiri baik dari segi warna, tekstur, dan bentuk sayapnya. Umumnya sayap pada serangga mengandung pembuluh darah vena. Dimana pembuluh vena tersebut berfungsi untuk memberikan kekuatan pada tubuh serangga serta berfungsi sebagai marker (penanda) untuk proses identifikasi pada serangga. Pembuluh darah vena pada serangga membentang dari bagian dasar sayap serangga hingga bagian ujung serangga secara longitudinal (Permana & Putra, 2014).



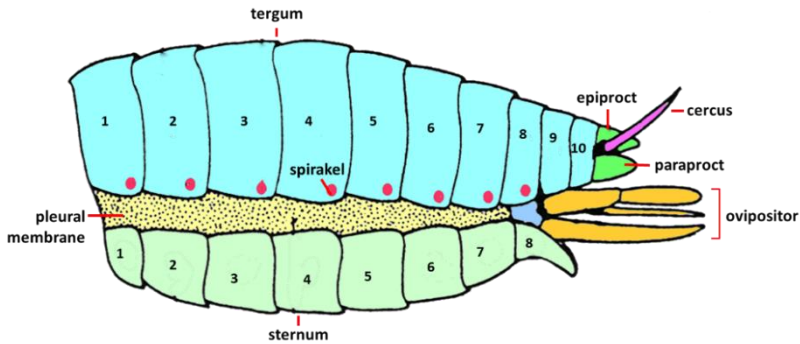
Gambar 2.5 Tipe - Tipe sayap pada serangga

Serangga dari ordo Orthoptera umumnya memiliki sayap tetapi ada juga beberapa jenis dari serangga ordo ini ada yang tidak mempunyai sayap dan umumnya serangga memiliki empat pasang sayap yang tersusun di bagian kanan dan kiri tubuh serangga. Sayap pada bagian tubuh serangga juga biasanya akan lebih mengalami pemanjangan bila dibandingkan dengan bagian tubuh yang lainnya. Selain itu juga serangga memiliki banyak tulang yang menyusun

tubuhnya. Sayap pada bagian belakang serangga tersusun atas banyak rangka, berbentuk lebar, lebih tipis, dan pada saat serangga sedang istirahat. Maka, sayap –sayap pada serangga akan secara otomatis melipat seperti kapas (Schowalter, 2000).

E. Abdomen

Abdomen pada serangga merupakan suatu bagian yang memiliki posisi dibagian belakang tubuh serangga khususnya terletak pada bagian belakang dada. Abdomen pada serangga biasanya tersembunyi diantara bagian dalam sayap serangga. Abdomen pada serangga juga berisi sistem pencernaan, dan organ reproduksi bagian luarnya. Serangga betina dewasa umumnya memiliki ovipositor yang terletak pada bagian belakang tubuh serangga yang digunakan pada proses bertelur. Sedangkan untuk beberapa jenis serangga lainnya akan mengalami modifikasi menjadi ovipositor. Ovipositor merupakan suatu kelenjar yang digunakan oleh serangga untuk menghasilkan suatu bahan kimia yang membantu serangga dalam proses berkomunikasi dengan serangga lainnya dalam suatu lingkungan (Price et al., 2011). Bagian – bagian abdomen serangga secara umum terlihat pada Gambar 2.6.

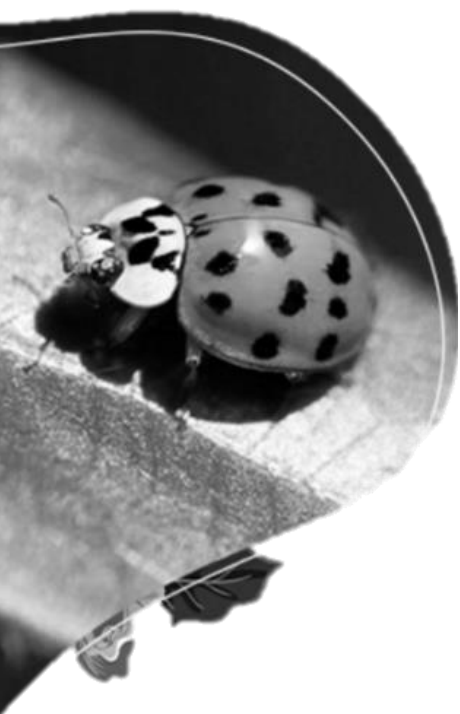


Gambar 2.6 Bagian abdomen pada serangga secara umum

Serangga umumnya mempunyai 6–10 segmen yang menyusun bagian abdomennya, yang dimana pada bagian segemen abdomen terdapat suatu bagian yang di kenal dengan nama paraproct (suatu ujung abdomen pada serangga yang letaknya dekat dengan bagian anus). Bagian paraproct ini akan mengalami suatu modifikasi menjadi bagian epiproct. Serangga juga memiliki bagian sensor yang posisinya terletak di bagian ujung segmen dan di kenal dengan nama cerci. Abdomen atau bagian abdomen serangga terdiri atas bagian tergum dan sternum yang akan menghubungkan toraks dengan membran samping. Pada serangga yang belum dewasa terdapat suatu bagian yang di kenal dengan nama proleg. Proleg pada serangga yang belum dewasa digunakan sebagai alat pergerakan (Putra, 2020).

Tidak semua serangga tersusun atas 6 - 10 segmen. Terdapat beberapa jenis serangga yang memiliki jumlah segmen berbeda diantaranya ialah belalang. Belalang mempunyai 11 segmen utama yang tersusun atas sternum, tergum, dan juga membran peluron. Sedangkan pada bagian ruas abdomen dari belalang yaitu tersusun atas tiga

kelompok ruas utama antara lain ruas pregenital, ruas genital, dan juga ruas post genital. Jumlah 11 segmen pada belalang dapat mengalami perubahan modifikasi menjadi bentuk lain yaitu segitika yang di kenal dengan nama epiprok (Mahfuzah, et al., 2023). Belalang diketahui memiliki 8 – 9 untuk bagian abdomen primif. Adapun alat reproduksi betina pada serangga betina di kenal dengan ovipositor sebagai suatu alat yang membantu dalam meletakkan telur yang dilakukan oleh serangga betina. Sedangkan untuk alat reproduksi pada jantan di kenal dengan nama kapulatori (Putra, 2020).



BAB III

STRUKTUR ANTENA DAN ALAT MULUT

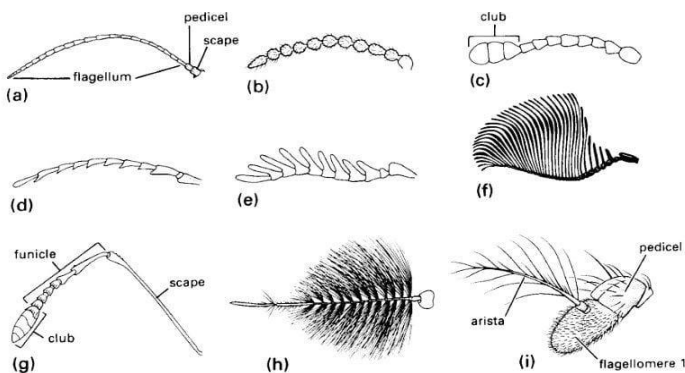
Serangga memiliki tiga segmen tubuh utama, yaitu kepala (caput), dada (thorax), dan perut (abdomen). Bagian kepala (caput) terdiri atas 5-7 segmen yang menyatu dan mengandung mata, antena, dan alat mulut (Ferro, 2011). Mulut serangga jauh lebih rumit dan bentuknya sangat bervariasi antar serangga. Sepasang antena digunakan untuk merasakan dan mencium alam disekitar kehidupan serangga.

A. Antena

Antena, kadang-kadang disebut sebagai alat perasa merupakan aksesoris fleksibel yang terletak di kepala serangga yang digunakan untuk merasakan sekitarnya. Serangga bisa merasakan dengan antena mereka sebab rambut halus (setae) yang menutupi bagian-bagian antena. Tetapi, sentuhan perasaan tidaklah sebagai salah satunya

perihal yang bisa dideteksi oleh antena; banyak struktur sensorik kecil pada antena membolehkan serangga buat merasakan bau, temperatur, kelembaban, tekanan, serta apalagi berpotensi merasakan diri sendiri di ruang jangkauan aktivitasnya. Sebagian serangga, contoh kelompok lebah serta sebagian kelompok lalat. bisa mengetahui suara dengan antenanya.

Kebanyakan serangga sangat bergantung pada kedua antenanya untuk merasakan dan mencium dunia di sekitar mereka. Serangga dengan antena yang besar dan rumit biasanya memiliki indra penciuman yang lebih baik. Beberapa serangga dapat mendeteksi bau dari jarak lebih dari satu mil. (Admin Museum Bumi, 2022)



Gambar 3.1. Beberapa jenis antena serangga: (a) filiform – linier dan ramping; (b) moniliform – seperti untaian manik-manik; (c) klavat atau capitata–dipukul dengan jelas; (d) bergerigi–seperti gergaji; (e) pektinat–seperti sisir; (f) flabellate–berbentuk kipas; (g) genikulatum menyikut; (h) berbulu halus–memiliki lingkaran setae; dan (i) aristate–dengan ruas ketiga yang diperbesar dan memiliki bulu.

(Sumber: Gullan dan Craston, 2014)

Antena bersifat mobile, tersegmentasi, dan berpasangan. Secara primitif, mereka tampak terbagi menjadi delapan segmen nimfa dan dewasa, tetapi seringkali jumlahnya banyak subdivisi, kadang-kadang disebut antena. Seluruh antena biasanya memiliki tiga divisi utama (Gbr. 1a): segmen pertama, atau scape, umumnya adalah lebih besar dari segmen lainnya dan merupakan batang basal; segmen kedua, atau pedicel, hampir selalu berisi organ sensorik yang dikenal sebagai organ Johnston,

yang merespon pergerakan bagian distal antena relatif terhadap pedicel; sisa dari antena, yang disebut flagel, seringkali berse-rabut dan multisegmentasi (dengan banyak flagelomer), tapi dapat dikurangi atau dimodifikasi secara beragam (Gbr. 1 b-i).

Borror *et al.*, (1996); Jumar (2000); Triple horn *et al.*, (2004); Hadley (2019); Lumowa dan Sri (2021), menguraikan bahwa antena serangga memiliki bentuk dan ukuran yang beragam yang juga dapat digunakan dalam Identifikasi, yaitu:

1. Setaceus

Berbentuk seperti duri, ruas-ruasnya lebih mengecil pada bagian ujung seperti rambut kaku (seta), makin ke ujung ruas-ruas antena makin ramping, misalnya Isoptera

2. Filiform

Berbentuk seperti benang, setiap ruas memiliki ukuran yang hampir sama dan biasanya berbentuk silindris, meyerupai tambang, tiap-tiap segmen yang membentuk antenna ukurannya sama, contoh antenna pada *Valanga sp.* (Orthoptera)

3. Moniliform

Antena berbentuk seperti untaian tasbih, ukuran ruas-ruasnya sama dan relative berbentuk bulat seperti manik-manik, ruas-ruas antenna berukuran sama dan berbentuk bulat, contoh Rhyssodidae.

4. Serrata

Antena berbentuk seperti gergaji, ruas-ruas terutama yang terdapat pada setengah atau dua pertiga dari ujung antenna berbentuk segitiga, tiap-tiap segmennya berbentuk seperti gigi, contoh Elateridae.

5. Pektinate

Antena memiliki bentuk seperti sisir yang berupa ruas-ruas dengan juluran lateral yang langsing dan panjang, setiap segmen memanjang ke arah samping seperti sisir, contoh Pyrochoroidae.

6. Clavate

Seperti miniliform tapi agak membesar ke bagian ujungnya, contoh Coccinellidae

7. Kapitae

Ruas-ruas di sebelah ujung antenna meningkat garis tengahnya dan peningkatannya terjadi secara tiba-tiba, seperti clavate tetapi perbesaran ruasruas terakhir tiba-tiba membesar, contoh Nitidulidae.

8. Lamellate

Bila ruas-ruas ujung meluas ke samping membentuk gelambir-gelambir seperti piring yang bulat atau oval, segmen paling ujung membesar dan menjadi lempengan, contoh Scarabidae.

9. Flabelate

Bila ruas-ruas ujung seperti lembaran yang sisinya sejajar dan panjang atau gelambir-gelambir berbentuk lidah meluas ke samping, semua segmen setelah pedicel bentuknya seperti lempengan, contoh Rhipiceridae.

10. Genikulata

Berbentuk siku, dengan ruas pertama panjang dan ruas-ruas berikutnya kecil dan membengkok pada satu sudut dengan yang pertama, contoh pada kumbang Chalcididae.

11. Plumosa

Berbentuk seperti bulu, kebanyakan ruas-ruasnya memiliki rambut-rambut panjang, setiap segmen berambut lebat dan panjang misalnya nyamuk jantan.

12. Aristate

Ruas terakhir biasanya membesar dan mengandung bulu-bulu dorsal yang banyak, yaitu arista, seakan-akan dari segmen antena keluar lagi antenna, contoh Muscidae seperti lalat rumah

13. Stilate

Ruas terakhir memiliki juluran yang berbentuk seperti stili atau jari yang memanjang, segmen terakhir runcing dan agak panjang, contoh Asilidae.

14. Bentuk Gada

Ruas-ruas di sebelah ujung antena meningkat garis tengahnya dan peningkatannya terjadi secara bertahap, contoh pada Tenebrionidae dan kumbang lady

15. Bipectinate

Setiap segmen memiliki satu pasang rambut.



*Kumbang Lepuh
(Mylabris sp)*



*Penggerek Ekor Putih
(Menjadi triginus)*



*Kumbang Glowworm
(Phengodes sp)*



*Putri Tawon
(Ichneumonidae sp)*



*Bidang Semut
(Formica pallidefulva)*



*Kumbang Milkweed Merah
(Tetraopes Tetrophthalmus)*



*Kupu-kupu Bulan Sabit Mutiara
(Phyciodes tharos)*

*Gambar 3.2. Bentuk antena dari jenis-jenis serangga
(Sumber: Admin Museum Bumi, 2022)*

Antenanya berkurang atau hampir tidak ada pada beberapa orang serangga larva. Banyak organ indera, atau sensilla (tunggal: sensillum), berupa rambut, pasak, lubang atau kerucut, terjadi pada antena dan berfungsi sebagai kemoreseptor, mekanoreseptor, termoreseptor, dan reseptor higrore. Antena serangga jantan mungkin menjadi lebih rumit daripada yang terkait betina, meningkatkan luas permukaan yang tersedia mendeteksi feromon seks betina.

Antena adalah struktur sensorik perifer yang penting pada serangga. Antena membawa beberapa struktur kutikula yang disebut sensilla, yang morfologinya bervariasi dan menampung berbagai jenis neuron untuk merasakan bahan kimia yang mudah menguap dan tidak mudah menguap, kelembapan, suhu, dan rangsangan sentuhan. Mayoritas serangga bergantung pada bahan kimia untuk mengatur perilaku mendasar seperti mencari makan dan kawin. Morfologi sistem kemoseptori berevolusi seiring dengan ekologi kimia spesies serangga, menghasilkan bentuk dan ukuran antena yang sangat beragam dan komposisi sensilla antena yang berbeda (Castillo et al., 2021)

Jumlah segmen dalam antena sangat bermacam-macam di antara serangga, dengan lalat yang lebih besar cuma mempunyai 3-6 segmen, sedangkan kecoak berusia bisa mempunyai lebih dari wujud universal antena pula lumayan bermacam-macam, namun segmen awal (yang melekat di kepala) senantiasa diucap scape, serta segmen kedua diucap pedicel. Segmen antena ataupun flagellomer yang tersisa disebut flagel.

Lebih lanjut diuraikan oleh Castillo et al., (2021) bahwa pada serangga eusosial, kemoseptasi sangat penting untuk

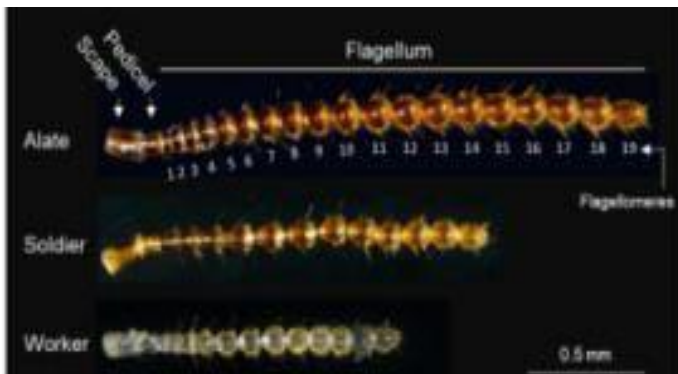
komunikasi antar anggota koloni dan modulasi aktivitas sosial. Koloni eusosial terdiri dari individu-individu yang berasal dari kasta berbeda, dengan sejumlah individu mendominasi reproduksi dan pekerja (dan tentara pada beberapa spesies) bertindak sebagai penolong. Morfologi antena dan organisasi sensilla sering menunjukkan kekhususan jenis kelamin dan kasta, yang mencerminkan perbedaan kemampuan sensorik yang mendasari pembagian kerja. Dimorfisme seksual umum terjadi pada Hymenoptera eusosial (semut, tawon, dan lebah), dimana betina bersifat diploid, namun jantan merupakan individu haploid yang berkembang dari telur yang tidak dibuahi.

Pada semut, antena jantan biasanya memiliki bentang yang lebih pendek (yaitu segmen antena proksimal) dibandingkan dengan antena betina. Selain itu, semut jantan pada beberapa spesies tidak memiliki basiconicum sensilla, sejenis sensilla untuk persepsi hidrokarbon kutikula yang digunakan untuk mengenali teman sesarangnya. Pada lebah madu, *Apis mellifera* Linnaeus, lebah jantan memiliki jumlah sensilla placodea yang lebih banyak dibandingkan lebah pekerja, sehingga mungkin meningkatkan sensitivitas penciuman mereka untuk mencari pasangan. Perbedaan morfologi antena dan organisasi sensilla juga dikaitkan dengan pembagian kerja antar kasta non-reproduksi pada beberapa spesies. Misalnya, penjaga lebah tak bersengat, *Tetragonisca angustula* Latreille, memiliki luas permukaan antena yang lebih besar dan jumlah sensilla yang lebih banyak, yang memungkinkan mereka mendeteksi penyusup heterospesifik dengan lebih efektif dibandingkan tentara lainnya. Demikian pula pada semut rangrang, *Oecophylla*

smaragdina (Fabricius), pekerja besar yang meninggalkan sarang dan mencari makan memiliki jumlah sensilla antena yang lebih banyak dibandingkan pekerja kecil yang tetap berada di dalam atau dekat sarang.

Rayap mempunyai antena moniliform, dan masing-masing antena dibagi menjadi tiga wilayah dasar termasuk scape, pedicel, dan flagel yang terdiri dari sejumlah flagellomer yang bervariasi (Gambar 2). Pada rayap, proliferasi segmen antena terjadi di ujung proksimal flagel saat berganti kulit, menghasilkan peningkatan jumlah flagellomer seiring perkembangan individu. Pada rayap tanah Formosa (*Coptotermes formosanus* Shiraki) jumlah segmen antena (termasuk scape dan pedicel) bervariasi dari 9 pada larva instar pertama hingga 21 pada alates dalam koloni dewasa. Diferensiasi kasta pada rayap terutama disebabkan oleh plastisitas perkembangan individu sebagai respons terhadap lingkungan sosial dan eksternal, namun masih belum diketahui bagaimana organisasi sensilla antena berubah ketika individu berkembang menjadi kasta yang berbeda. Sampai saat ini, beberapa studi morfologi pada sensilla antena rayap telah dilakukan, namun karakterisasi penuh sensilla antena terbatas pada individu non-reproduksi *C. formosanus*. Tarumingkeng et al., (1976) memeriksa sensilla antena pekerja di *C. formosanus*, dan mengklasifikasikannya menjadi kemo dan mekanoreseptor berdasarkan ada tidaknya pori-pori di sensilla. Yanagawa et al., (2009), selanjutnya memberikan deskripsi morfologi yang lebih rinci dari semua sensilla di antena pekerja, serta prediksi fungsi dan distribusinya di setiap segmen antena. Dua penulisan membandingkan sensilla antena antara kasta

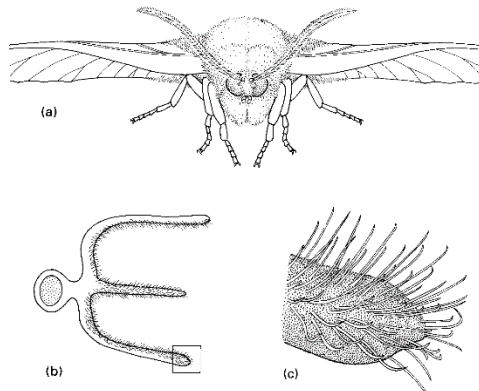
pekerja dan prajurit, mengungkapkan tidak ada dimorfisme kasta dalam morfologi, distribusi, dan kelimpahannya. Namun, tidak ada informasi yang tersedia untuk morfologi antena dan organisasi sensilla dalam kasta reproduksi, dan dasar sensorik dari respons perilaku yang berbeda di antara kasta juga kurang dipahami pada rayap.



Gambar 3.3. Antena yang representatif dari Coptotermes formosanus Shiraki dari alate betina, prajurit dan pekerja. Antena dibagi menjadi tiga wilayah utama: scape, pedicel, dan flagellum, yang terdiri dari flagellomer yang diberi nomor dari ujung proksimal hingga distal, seperti yang dicontohkan pada alate (Sumber: Castillo et al., 2021)

Peran penciuman utama berasal dari multiporous sensilla yang berupa setae berbentuk rambut atau pasak, dengan banyak pori-pori bulat atau celah pada dinding tipisnya, menuju ke dalam ruangan yang disebut ketel pori. Bagian ini kaya dengan tubulus pori, yang berjalan ke dalam untuk bertemu dendrit bercabang banyak. Perkembangan sebuah electro-antennogram yang memungkinkan pengungkapan kekhususan kemo-resepsi oleh antena.

Digunakan dalam hubungannya dengan pemindaian mikroskop elektron, mikro-elektrofisiologi dan teknik molekuler modern telah memperluas pemahaman kita tentang kemampuan tersebut serangga untuk mendeteksi dan merespons bahan kimia yang sangat lemah sinyal. Sensitivitas yang luar biasa dicapai dengan menyebarkan sangat banyak reseptor ke suatu area seluas mungkin, dan memungkinkan volume udara maksimum mengalir melintasi reseptor. Jadi, antenanya banyak ngengat jantan berukuran besar, dan seringkali luas permukaannya diperbesar oleh pektinasi yang membentuk keranjang seperti saringan (Gambar. 3.4).



Gambar 3.4. Antena ngengat jantan dari *Trictena atripalpis* (Lepidoptera: Hepialidae): (a) pandangan anterior kepala menunjukkan antena tripektinat ini jenis; (b) penampang melalui antena menunjukkan tiga cabang; (c) pembesaran ujung bagian luar cabang dari satu pertunjukan pektinasi sensila penciuman. (Sumber: Gullan dan Craston, 2014)

Setiap antena ngengat ulat sutera jantan (*Bombycidae*: *Bombyx mori*) mempunyai sekitar 17.000 sensilla dengan ukuran berbeda dan beberapa morfologi ultrastruktural. Sensilla merespons secara spesifik terhadap sinyal seks

bahan kimia yang diproduksi oleh betina (feromon seks) Karena setiap sensillum memiliki hingga 3000 pori-pori, masing-masing berdiameter 10–15 nm, ada beberapa 45 juta pori per bulan. Perhitungan mengenai ngengat ulat sutera menyarankan bahwa hanya beberapa molekul dapat merangsang impuls saraf di atas latar belakang tingkat, dan perubahan perilaku mungkin disebabkan oleh lebih sedikit dari seratus molekul.

B. Alat Mulut

Serangga memiliki berbagai macam alat mulut, termasuk mandibula untuk mengunyah dan mengiris, sedotan tajam untuk meminum getah atau darah, dan lidah panjang yang digunakan untuk memanen nektar dari bunga terdalam. (Admin Museum Bumi, 2022). Mulut serangga terdiri dari rahang atas, labium, serta pada sebagian spesies, rahang dasar. Labrum merupakan sklerit yang menyatu, kerap diucap bibir atas, serta bergerak secara longitudinal, yang berengsel ke clypeus. Mandibula(rahang) adalah sejoli struktur yang sangat sclerotized yang bergerak pada sudut kanan ke badan, digunakan buat menggigit, mengunyah, serta memutuskan santapan. Maksila merupakan struktur berpasangan yang pula bisa bergerak tegak lurus terhadap badan serta mempunyai palpus yang tersegmentasi. Labium (bibir dasar) adalah struktur menyatu yang bergerak secara longitudinal serta mempunyai sejoli palp yang tersegmentasi.

1. Mandibulata

Mandibulata merupakan amahan dari segmen keempat kepala yang terletak di belakang labrum. Mandibulata

berfungsi untuk menyobek karena mengalami sklerotisasi kuat.

2. Maksila

Maksila merupakan tambahan dari segmen kelima kepala, yang biasanya juga disebut rahang kedua. Maksila terletak dibelakang mandibulata, dan terdiri dari beberapa bagian yaitu cardo, stipes, galea, dan palpus. Fungsi dari maksila yaitu untuk menghancurkan makanan.

3. Labium

Labium merupakan tambahan dari segmen keenam kepala, labium terletak dibelakang maksila dan terdiri dari submentum, mentum dan prementum.

4. Labrum

Labrum disebut juga dengan bibir atas merupakan tambahan yang memiliki bentuk seperti sayap yang lebar dan terletak dibawah kliepus pada sisi anterior kepala.

Bagian mulut, bersama dengan bagian kepala yang lain, bisa diartikulasikan paling tidak dalam tiga posisi berbeda: prognathous, opisthognathous, serta hypognathous. Pada spesies dengan artikulasi prognathous, kepala diposisikan sejajar secara vertikal dengan badan, semacam spesies Formicidae; sebaliknya pada jenis hypognathous, kepala sejajar secara horizontal bersebelahan dengan badan.

Kepala opisthognathous diposisikan secara diagonal, semacam spesies Blattodea serta sebagian Coleoptera. Bagian mulut sangat bermacam-macam antara serangga dari ordo yang berbeda, tetapi dua kelompok fungsional utama merupakan mandibula serta haustelata. Perlengkapan mulut Haustellate digunakan buat mengisap cairan serta bisa diklasifikasikan lebih lanjut dengan terdapatnya stilet, yang

meliputi piercing-sucking, sponging, serta syphoning. Stylet adalah proyeksi semacam jarum yang digunakan buat menembus jaringan tanaman serta hewan. Stylet serta tabung pengisi membentuk mandibula, maksila, serta hipofaring yang dimodifikasi (Rahayuningsih, 1984)

1. Mulut mandibula, di antara yang paling umum pada serangga, digunakan untuk menggigit dan menggiling makanan padat.
2. Mulut penusuk-penghisap memiliki stilet, dan digunakan
3. untuk menembus jaringan padat dan kemudian menyedot makanan cair.
4. Mulut spons digunakan untuk menyeka dan menyedot cairan, dan tidak memiliki stilet (misalnya kebanyakan Diptera).
5. Mulut penyedot tidak memiliki stilet dan digunakan untuk menyedot cairan, dan umumnya ditemukan di antara spesies Lepidoptera.

Mulut mandibula ditemukan pada spesies Odonata, Neuroptera dewasa, Coleoptera, Hymenoptera, Blattodea, Orthoptera, dan Lepidoptera. Namun, kebanyakan Lepidoptera dewasa memiliki mulut yang menyedot, sedangkan larva mereka (biasa disebut ulat) memiliki rahang bawah.

1. Mandibula

Labrum adalah lobus lebar yang membentuk atap rongga preoral, bergantung dari clypeus di depan mulut serta membentuk bibir atas. Di sisi dalamnya, labrum bermembran serta bisa dibuat jadi lobus median, epifaring, bawa sebagian sensilla. Labrum dinaikan dari mandibula oleh dua otot yang

mencuat di kepala serta dimasukkan secara medial ke dalam margin anterior labrum. Perihal ini ditutup terhadap mandibula sebagian oleh dua otot yang mencuat di kepala serta dimasukkan pada margin lateral posterior pada dua sclerites kecil, tormae, serta, paling tidak pada sebagian serangga, oleh pegas resilin di kutikula di persimpangan labrum dengan clypeus. Hingga dikala ini, labrum biasanya dikira terpaat dengan segmen kepala awal. Tetapi, riset terkini tentang embriologi, ekspresi gen, serta suplai saraf ke labrum menampilkan kalau itu dipersarafi oleh tritocerebrum otak, yang ialah ganglia yang menyatu dari segmen kepala ketiga. Ini tercipta dari peleburan bagian dari sejoli aksesoris leluhur yang ditemui pada segmen kepala ketiga, menampilkan ikatan mereka. Permukaan ventral, ataupun bagian dalam, umumnya membran serta membentuk epifaring semacam lobus, yang beruang mechanosensilla serta chemosensilla.

Serangga pengunyah mempunyai dua rahang, satu di tiap sisi kepala. Mandibula terletak di antara labrum serta maksila. Mandibula memotong serta menghancurkan santapan, serta bisa digunakan buat pertahanan; biasanya, mereka mempunyai ujung tombak apikal, serta zona molar yang lebih basal menggiling santapan. Mereka dapat sangat keras (dekat tiga pada Mohs, ataupun kekerasan lekukan dekat 30 kilogram/mm²); oleh sebab itu, banyak rayap serta kumbang tidak hadapi kesusahan raga dalam mengebor foil yang dibuat dari logam biasa semacam tembaga, timah, timah, serta seng. Tepi tajam umumnya diperkuat dengan akumulasi seng, mangan, ataupun tidak sering, besi, dalam jumlah sampai dekat 4% dari berat kering. Mereka umumnya ialah

bagian mulut terbanyak dari serangga pengunyah, digunakan buat mengunyah (memotong, merobek, menghancurkan, mengunyah) santapan. Mereka membuka ke luar (ke sisi kepala) serta menyatu secara medial. Pada serangga pengunyah karnivora, rahang dasar bisa dimodifikasi jadi lebih semacam pisau, sebaliknya pada serangga pengunyah herbivora, rahangnya lebih lebar serta rata pada wajah yang bertentangan (misalnya, ulat). Pada kumbang rusa jantan, mandibula dimodifikasi sedemikian rupa sehingga tidak berperan buat makan, tetapi digunakan buat mempertahankan tempat kawin dari jantan lain. Pada semut, rahang dasar pula berperan selaku pertahanan (spesialnya dalam kasta prajurit). Pada semut banteng, rahangnya memanjang serta bergigi, digunakan selaku aksesoris mencari(serta bertahan) (Rübe and Flöte, 2009)

2. Menusuk-Mengisap

Mulut bisa mempunyai banyak guna. Sebagian serangga mencampurkan bagian penusuk bersama dengan bagian spons yang setelah itu digunakan untuk menembus jaringan tanaman serta hewan. Nyamuk betina menghirup darah(hemofag) sehingga jadi vektor penyakit. Mulut nyamuk terdiri dari belalai, mandibula berpasangan, serta rahang atas. Maksila membentuk struktur semacam jarum, yang diucap stilet, yang dikelilingi oleh labium. Kala nyamuk menggigit, rahang atas menembus kulit serta menambatkan bagian mulut, sehingga membolehkan bagian lain buat dimasukkan. Labium semacam selubung meluncur ke balik, serta bagian mulut yang tersisa melewati ujungnya serta masuk ke dalam jaringan. Setelah itu, lewat hipofaring, nyamuk menyuntikkan air liur, yang memiliki antikoagulan buat menghentikan

pembekuan darah. Serta terakhir, labrum (bibir atas) digunakan buat menyedot darah. Spesies dari genus *Anopheles* dicirikan oleh palpi panjang mereka (dua bagian dengan ujung melebar), nyaris menggapai ujung labrum.

3. Spons atau Menyedot Cairan

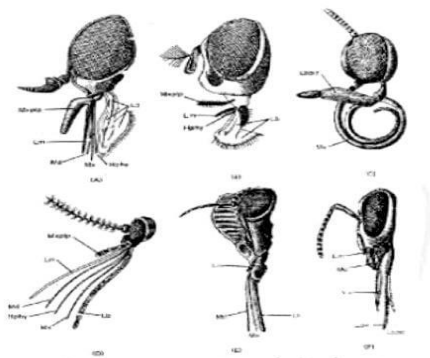
Belalai tercipta dari galea rahang atas serta ialah menyesuaikan diri yang ditemui pada sebagian serangga buat mengisap. Otot-otot cibarium ataupun faring sangat tumbuh serta membentuk pompa. Di Hemiptera serta banyak Diptera, yang memakan cairan di dalam tanaman ataupun hewan, sebagian komponen bagian mulut dimodifikasi buat menusuk, serta struktur memanjang diucap stilet. Struktur tubular gabungan diucap selaku belalai, walaupun terminologi spesial digunakan dalam sebagian kelompok.

Pada spesies Lepidoptera, terdiri dari dua tabung yang disatukan oleh kait serta bisa dipisahkan buat dibersihkan. Tiap tabung cekung ke dalam, sehingga membentuk tabung pusat lewat mana uap air tersedot. Hirup dicoba lewat kontraksi serta ekspansi kantung di kepala. Belalai melingkar di dasar kepala dikala serangga istirahat, serta cuma memanjang dikala makan. Palpi rahang atas menurun ataupun apalagi vestigial. Mereka mencolok serta lima segmen di sebagian keluarga yang lebih basal, serta kerap dilipat. Wujud serta ukuran belalai sudah berevolusi buat berikan spesies berbeda santapan yang lebih luas serta karenanya lebih menguntungkan. Terdapat ikatan penskalaan alometrik antara massa badan Lepidoptera serta panjang belalai dari mana keberangkatan adaptif yang menarik merupakan ngengat elang berlidah panjang yang tidak biasa *Xanthopan morgani praedicta*. Charles Darwin meramalkan

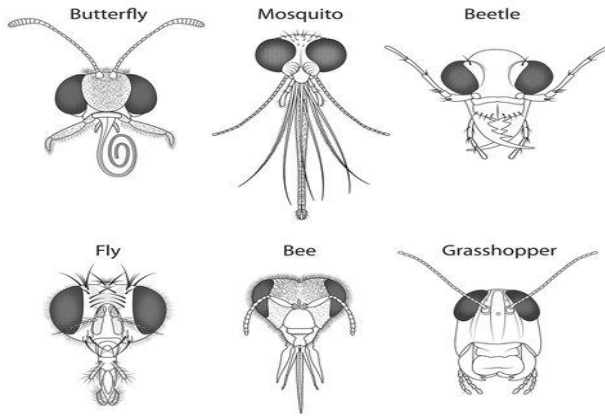
keberadaan serta panjang belalai dari ngengat ini saat sebelum penemuannya bersumber pada pengetahuannya tentang angrek bintang Madagaskar *Angraecum sesquipedale*.

Elzinga (1978) membagi tipe mulut serangga berdasarkan sumber makanannya di alam, yaitu:

- a. Tipe Pengunyah (Chewing)
- b. Tipe Pemotong-Penyerap (Cutting-sponging)
- c. Tipe Spon (Sponging)
- d. Tipe Sifon (Siphoning)
- e. Tipe Penusuk- penghisap (Piercing – sucking)
- f. Tipe Pengunyah-peminum (Chewing – lapping)



Gambar 3.5. Tipe-tipe mulut serangga. (A) tipe pemotong penyerap; (B) tipe spon; (C) tipe sifon; (D) tipe penusuk-penghisap pada nyamuk; (E) tipe penusuk penghisap pada cicada; (F) tipe pengunyah peminum pada lebah madu; Hphy, hipofaring; Lb, labium; Lbplp labium palpi; Lm, labrum; Md, madibulata; Mx, maksila; Mxplp, maksila palpi (Sumber: Elzinga 1978).



*Gambar 3.6. Bentuk dan tipe alat mulut beberapa Ordo Serangga
(Sumber: Admin Museum Bumi, 2021)*



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3.7. Bentuk struktur alat mulut apda serangga: (a). Ngengat Ulat Tentara Selatan (*Spodoptera eridania*); (b). Tawon Raksasa Asia (*Vespa mandarinia*); (c). Kumbang Harimau Meriah (*Cicindela scutellaris*); (d). Lalat Kuda Hijau (*Chlorotabanus crepuscularis*); (e). Zebra Conchylodes Ngengat (*Conchylodes ovulalis*); (f). Jangkrik *Magicicada cassinii* 17 Tahun (Sumber: Admin Museum Bumi, 2022)

BAB IV

PERKEMBANGAN DAN METAMORFOSIS SERANGGA

A. Perkembangan Serangga

Jumar (2000); Gillot (2005); Gulland dan Craston (2014), Wins *et al.*, (2022), menguraikan bahwa perkembangan serangga diuraikan atas beberapa tahap perkembangan, antara lain:

1. Embriologi

Serangga berkembang dari telur yang terbentuk di dalam ovarium serangga betina. Kemampuan reproduksi serangga dalam keadaan normal pada umumnya sangat besar. Oleh karena itu, dapat dimengerti mengapa serangga cepat berkembang biak. Masa perkembangan serangga di dalam telur dinamakan perkembangan embrionik, dan setelah serangga keluar (menetas) dari telur dinamakan perkembangan pasca embrionik. Perkembangan dari setiap

serangga terdiri dari tiga tahap utama yaitu tahap embrional, masa pradewasa dan dewasa. Perkembangan embrio terjadi di dalam telur dan dikelilingi oleh kulit luar yang halus yang disebut korion (chorion). Perkembangan embrio dimulai segera setelah fertilisasi sehingga terbentuk zigot. Zigot mengalami beberapa kali pembelahan inti sampai menetas dari telur (eclosion).

Umumnya serangga berkembang biak dengan cara bertelur. Telur terbentuk di dalam kandung telur (ovarium) betina. Kemampuan reproduksi serangga dalam keadaan normal umumnya amat tinggi. Serangga mempunyai beberapa tipe reproduksi, sebagai berikut: (a). *Oviparitas*, yaitu tipe reproduksi dengan cara bertelur. Telur-telur yang melewati alat kelamin betina, terlebih dahulu mendapat pembuahan dari sperma. Tipe ini terjadi pada kebanyakan serangga, seperti wereng, belalang, kumbang, dan lain-lain; (b). *Viviparitas*, yaitu tipe reproduksi dengan cara melahirkan larva atau nimfa. Pada tipe ini, telur dalam induk betina mungkin dibuahi atau tidak dibuahi. Misalnya, pada kutu daun aphididae; (c). *Partenogénesis*, yaitu tipe reproduksi serangga tanpa pembuahan (telur tidak dibuahi sperma). Embrio terlebih dahulu berkembang di dalam induknya, kemudian larva atau nimfa dilahirkan. Contoh serangga yang mengalami parthenogenesis, antara lain *Aphis* sp., *Thrips tabaci*, dan *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche.

Cara telur menetas. Telur serangga menetas dengan bermacam-macam cara, antara lain: (a). Serangga muda yang memiliki alat mulut dia akan keluar dengan cara mengunyah cangkang telur; (b). Pada beberapa serangga bagian dorsal dari kepala; (c). Pada beberapa serangga bagian dorsal dari

kepala mempunyai duri mungkin juga seperti pisau /tonjolan seperti gergaji; (d). Cangkang telur mempunyai garis yang lunak, caranya serangga tersebut bergerak melingkar-lingkar sehingga telur akan pecah pada bagian telur yang pendek.

2. Perkembangan pasca-embrio (metamorfosis, diapause, regenerasi)

Kehidupan serangga pasca embrio dibagi-bagi ke dalam Kehidupan serangga pasca embrio dibagibagi ke dalam instar. Instar merupakan suatu bentuk serangga di antara 2 kali mengelupas kutikula. Instar pertama yaitu bentuk serangga mulai menetas sampai pengelupasan kutikula pertama. Larva atau nimfa serangga, dalam kurun waktu tertentu, akan menjadi serangga dewasa yang disebut "imago". Perkembangan larva atau nimfa menjadi imago mengalami beberapa tahap. Setiap tahap ditandai dengan membesarnya tubuh, namun tidak diikuti oleh pembesaran kulit sehingga kulit tersebut akan pecah dan diganti dengan kulit baru. Pergantian kulit ini disebut ecdysis atau molting. Pada saat kulit baru masih lunak, serangga memperbesar ukurannya. Beberapa jam kemudian, kulit akan mengeras dan membentuk warna yang tetap. Serangga tingkat tinggi bisa mengalami ecdysis 4-6 kali. Serangga yang sudah dewasa tidak lagi mengalami pergantian kulit sehingga ukurannya tetap (tidak berubah lagi). Lamanya waktu antara pergantian kulit disebut "stadium". Bentuk serangga dalam stadium disebut "instar". Stadium pertama adalah lamanya waktu dari menetasnya telur sampai terjadinya pergantian kulit pertama, sedangkan yang dimaksud dengan instar satu adalah bentuk serangga pada stadium pertama. Perkembangan serangga dari larva atau nimfa menjadi imago umumnya mengalami

beberapa tahap perubahan bentuk dan ukuran, yang disebut "metamorfosis".

B. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Serangga

Jumar (2000); Gillot (2005); Gulland dan Craston (2014), Wins et al., (2022), menguraikan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan serangga, yaitu:

1. Faktor Dalam

a. Kemampuan berkembang Biak

Kemampuan berkembang biak suatu jenis serangga dipengaruhi oleh kepiridian dan fekunditas serta waktu perkembangan (kecepatan berkembang biak). Kepiridian (natalis) adalah besarnya kemampuan suatu jenis serangga untuk melahirkan keturunan baru. Serangga umumnya memiliki kepiridian yang cukup tinggi. Sedangkan fekunditas (kesuburan) adalah kemampuannya untuk memproduksi telur. Lebih banyak jumlah telur yang dihasilkan oleh suatu jenis serangga, maka lebih tinggi kemampuan berkembang biaknya. Biasanya semakin kecil ukuran serangga, semakin besar kepiridannya

b. Perbandingan Kelamin

Perbandingan kelamin adalah perbandingan antara jumlah individu jantan dan betina yang diturunkan oleh serangga betina. Perbandingan kelamin ini umumnya adalah 1:1, akan tetapi karena pengaruh-pengaruh tertentu, baik faktor dalam maupun faktor luar seperti

keadaan musim dan kepadatan populasi maka perbandingan kelamin ini dapat berubah.

c. Sifat Mempertahankan Diri

Seperti halnya hewan lain, serangga dapat diserang oleh berbagai musuh. Untuk mempertahankan hidup, serangga memiliki alat atau kemampuan untuk mempertahankan dan melindungi dirinya dari serangan musuh. Kebanyakan serangga akan berusaha lari bila diserang musuhnya dengan cara terbang, lari, meloncat, berenang atau menyelam. Sejumlah serangga berpura-pura mati bila diganggu. Beberapa serangga lain menggunakan tipe pertahanan "perang kimiawi", seperti mengeluarkan racun atau bau untuk menghindari musuhnya. Beberapa serangga melakukan mimikri untuk menakut-nakuti atau mengelabui musuhnya. Mimikri terjadi apabila suatu spesies serangga mimiknya menyerupai spesies serangga lain (model) yang dijauhi atau dihindari sehingga mendapatkan proteksi sebab terkondisi sebelumnya serupa predator

d. Siklus Hidup

Siklus hidup adalah suatu rangkaian berbagai stadia yang terjadi pada seekor serangga selama pertumbuhannya, sejak dari telur sampai menjadi imago (dewasa). Pada seranggaserangga yang bermetamorfosis sempurna (holometabola), rangkaian stadia dalam siklus hidupnya terdiri atas telur, larva, pupa dan imago. Misalnya pada kupu-kupu (Lepidoptera), kumbang (Coleoptera), dan lalat (Diptera). Rangkaian stadia dimulai dari telur, nimfa, dan imago ditemui pada serangga dengan metamorfosis bertingkat (Pauro-

metabola), seperti belalang (Orthoptera), kepik (Hemiptera), dan sikada (Homoptera)

e. Umur Imago

Serangga umumnya memiliki umur imago yang pendek. Ada yang beberapa hari, akan tetapi ada juga yang sampai beberapa bulan. Misalnya umur imago *Nilavarpata lugens* (Homoptera; Delphacidae) 10 hari, umur imago kepik *Helopeltis theivora* (Hemiptera; Miridae) 5-10 hari, umur *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera; Noctuidae) sekitar 20 hari, ngengat *Lamprosema indicata* (Lepidoptera; Pyralidae) 5-9 hari, dan kumbang betina *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculinoidea) 3-5 bulan.

2. Faktor Luar

a. Suhu dan Kisaran Suhu

Serangga memiliki kisaran suhu tertentu dimana dia dapat hidup. Diluar kisaran suhu tersebut serangga akan mati kedinginan atau kepanasan. Pengaruh suhu ini jelas terlihat pada proses fisiologi serangga. Pada waktu tertentu aktivitas serangga tinggi, akan tetapi pada suhu yang lain akan berkurang (menurun). Pada umumnya kisaran suhu yang efektif adalah suhu minimum 15°C, suhu optimum 25°C dan suhu maksimum 45°C. Pada suhu yang optimum kemampuan serangga untuk melahirkan keturunan besar dan kematian (mortalitas) sebelum batas umur akan sedikit.

b. Kelembaban/Hujan

Kelembaban yang dimaksud dalam bahasan ini adalah kelembaban tanah, udara, dan tempat hidup serangga di mana merupakan faktor penting yang mempengaruhi distribusi, kegiatan, dan perkembangan

serangga. Dalam kelembaban yang sesuai serangga biasanya lebih tahan terhadap suhu ekstrem. Pada umumnya serangga lebih tahan terhadap terlalu banyak air, bahkan beberapa serangga yang bukan serangga air dapat tersebar karena hanyut bersama air. Akan tetapi, jika kebanyakan air seperti banjir dan hujan deras merupakan bahaya bagi beberapa jenis serangga. Sebagai contoh dapat disebutkan, misalnya hujan deras dapat mematikan kupukupu yang beterbangan dan menghanyutkan larva atau nimfa serangga yang baru menetas.

c. Cahaya/Warna/Bau

Beberapa aktivitas serangga dipengaruhi oleh responnya terhadap cahaya, sehingga timbul jenis serangga yang aktif pada pagi hari, siang, sore atau malam hari. Cahaya matahari dapat mempengaruhi aktivitas dan distribusi lokalnya. Serangga ada yang bersifat diurnal, yakni yang aktif pada siang hari mengunjungi beberapa bunga, meletakkan telur atau makan pada bagian-bagian tanaman dan lain-lain. Seperti contoh *Leptocorixa acuta*. Selain itu serangga-serangga yang aktif di malam hari dinamakan bersifat nokturnal, misalnya *Spodoptera litura*. Sejumlah serangga juga ada yang tertarik terhadap cahaya lampu atau api, seperti *Scirpophaga innotata*. Selain tertarik terhadap cahaya, ditemukan juga serangga yang tertarik oleh suatu warna seperti warna kuning dan hijau. Sesungguhnya serangga memiliki preferensi (kesukaan) tersendiri terhadap warna dan bau.

d. Angin

Angin berperan dalam membantu penyebaran serangga, terutama bagi serangga yang

berukuran kecil. Misalnya Apid (Homoptera; Aphididae) dapat terbang terbawa oleh angin sampai sejauh 1.300 km. Kutu loncat lamtoro, *Heteropsylla cubana* (Homoptera; Psyllidae) dapat menyebar dari satu tempat ke tempat lain dengan bantuan angin. Selain itu, angin juga mempengaruhi kandungan air dalam tubuh serangga, karena angin mempercepat penguapan dan penyebaran udara.

e. Faktor Makanan

Kita mengetahui bahwa makanan merupakan sumber gizi yang dipergunakan oleh serangga untuk hidup dan berkembang. Jika makanan tersedia dengan kualitas yang cocok dan kuantitas yang cukup, maka populasi serangga akan naik cepat. Sebaliknya, jika keadaan makanan kurang maka populasi serangga juga akan menurun. Pengaruh jenis makanan, kandungan air dalam makanan dan besarnya butiran material juga berpengaruh terhadap perkembangan suatu jenis serangga hama. Dalam hubungannya dengan makanan, masing-masing jenis serangga memiliki kisaran makanan (inang) dari satu sampai banyak makanan (inang).

f. Faktor Hayati

Faktor hayati adalah faktor-faktor hidup yang ada di lingkungan yang dapat berupa serangga, binatang lainnya, bakteri, jamur, virus dan lain-lain. Organisme tersebut dapat mengganggu atau menghambat perkembangan biakan serangga, karena membunuh atau menekannya, memarasit atau menjadi penyakit atau

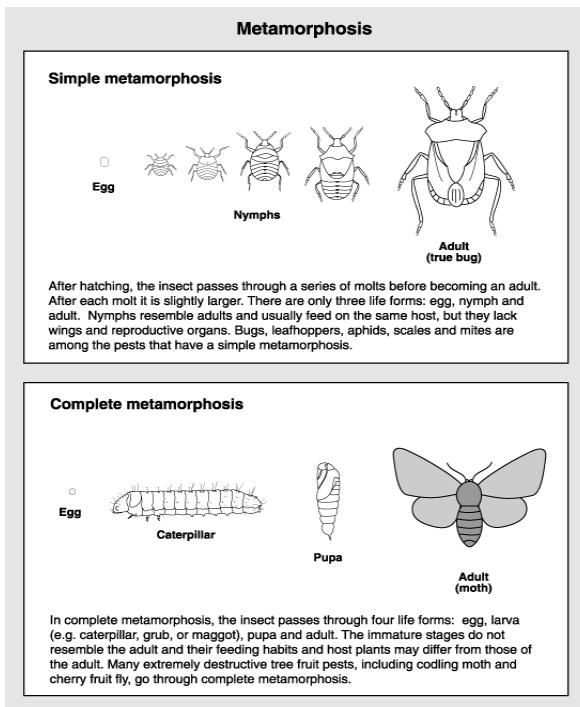
karena bersaing (berkompetisi) dalam mencari makanan atau berkompetisi dalam gerak ruang hidup.

C. Metamorfosis

Berrs dan Geraldine (1993), berpendapat bahwa metamorfosis kendalikan oleh hormon remaja yang disekresikan oleh kelenjar di kepala serangga. Hormon remaja dilepaskan pada setiap pergantian kulit, tetapi jumlahnya menurun setiap kali. Ketika konsentrasi hormon remaja menurun, lebih banyak karakter dewasa akan muncul hingga sangat sedikit atau tidak ada lagi hormon remaja yang tersisa dan tahap dewasa dihasilkan. Jika hormon remaja dimasukkan pada waktu yang salah atau dalam jumlah yang salah selama siklus hidup serangga, pertumbuhan normal dapat terganggu. Zat pengatur tumbuh serangga menggunakan prinsip ini untuk pengendalian hama. Beberapa serangga hanya mengalami sedikit perubahan bentuk, serangga muda dan dewasa serupa kecuali ukurannya. Jenis perkembangan ini dikenal sebagai metamorfosis sederhana. Anak-anaknya, yang disebut nimfa, biasanya berbagi habitat yang sama dan memakan inang yang sama dengan orang dewasa. Nimfa tidak memiliki sayap dan organ reproduksi. Kutu daun dan wereng termasuk serangga yang mengalami metamorfosis sederhana, seperti halnya tungau.

Diuraikan lebih lanjut bahwa Beberapa serangga memiliki penampilan muda dan dewasa yang sangat berbeda satu sama lain dan sering kali hidup di habitat yang berbeda. Jenis perkembangan ini dikenal sebagai metamorfosis

sempurna. Yang muda disebut larva. Larva umumnya mempunyai mulut untuk mengunyah, sedangkan larva dewasa mempunyai mulut untuk menghisap. Larva melewati serangkaian tahapan, akhirnya berubah menjadi pupa sebelum menjadi dewasa. Pupa tidak makan dan biasanya tidak aktif. Banyak serangga melewati musim dingin dalam tahap kepompong sebelum muncul sebagai serangga dewasa. Seperti pada gambar 4.1 metamorfosis dibedakan atas dua proses kelompok utama'



Gambar 4.1. Kelompok utama proses metamorfosis pada serangga
(Sumber Berris dan Geraldine, 1983)

Pada awalnya, semua serangga bersifat ametabola, dan mengembangkan kemampuan untuk menjadi dewasa

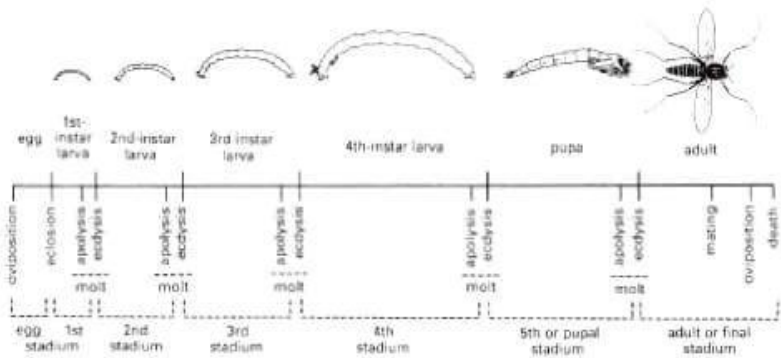
terlebih dahulu melalui metamorfosis bertahap dan kemudian melalui metamorfosis sempurna (Belles, 2020). Meskipun sebagian besar serangga bersifat holometabola, siklus hidup ini tidak mungkin berevolusi tanpa munculnya hemimetabola terlebih dahulu. Namun, tidak sepenuhnya memahami bagaimana serangga ametabola berevolusi menjadi hemimetabola.

Serangga ametabola tidak bersayap dan menetas dari telurnya sebagai versi mini dari bentuk dewasanya. Keturunan generasi yang dihasilkan, dikenal sebagai nimfa, tidak mengalami perubahan fisik apa pun yang dramatis, namun berturut-turut berganti kulit kerangka luarnya untuk menghasilkan serangkaian versi yang lebih besar dan lebih dewasa yang dikenal sebagai instar. Serangga hemimetabola, seperti kecoak, juga menetas sebagai nimfa yang menyerupai serangga dewasa tetapi sayap dan alat kelaminnya belum berkembang sempurna. Kelompok serangga ini berganti kulit seiring pertumbuhannya hingga mencapai instar nimfa terakhir, yang pada akhirnya mereka melepaskan kerangka luarnya untuk terakhir kalinya sambil menjalani perubahan metamorf yang menghasilkan alat kelamin dan sayap dewasa.

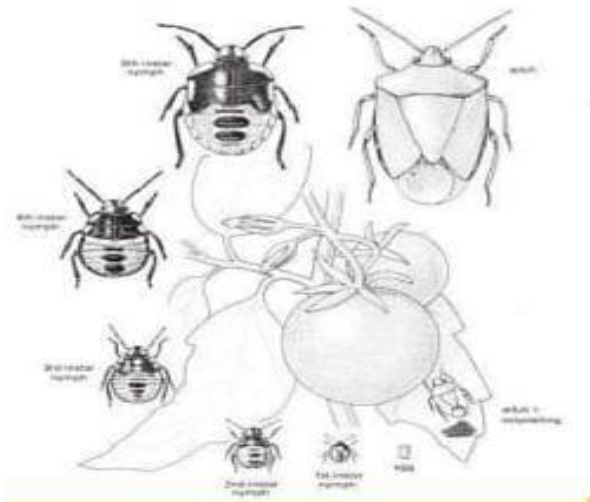
Penambahan metamorfosis pada siklus hidup kemungkinan besar muncul karena munculnya sayap selama evolusi. Meskipun sayap merupakan inovasi yang sukses, pergantian kulit dengan sayap merupakan hal yang rumit secara mekanis hanya lalat capung, sekelompok kecil serangga dengan sekitar 3.000 spesies yang masih ada, yang masih melakukannya. Oleh karena itu, berhenti meranggas setelah pembentukan sayap dewasa adalah langkah selanjutnya yang melengkapi penemuan hemimetaboly

(Belles, 2019). Namun, tidak diketahui ciri-ciri serangga ametabola mana yang berkontribusi terhadap evolusi metamorfosis. Kini, di eLife, James Truman dari Universitas Washington dan rekan kerjanya melaporkan bahwa perubahan tingkat sinyal kimia yang dikenal sebagai hormon remaja mungkin memiliki peran penting (Truman *et al.*, 2023).

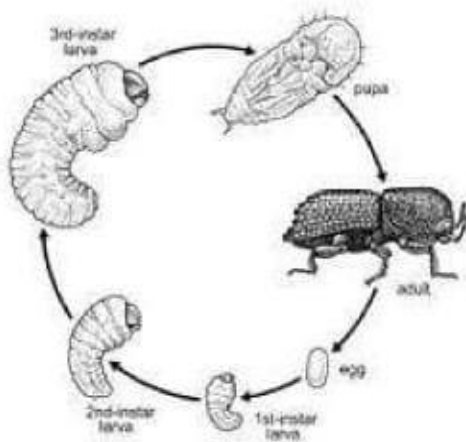
Perubahan bentuk morfologi mempengaruhi struktur eksternal maupun organ dalam, tetapi hanya perubahan eksternal yang terlihat pada setiap ganti kulit. Tiga pola perubahan morfologis perkembangan berdasarkan tingkat perubahan eksternal yang terjadi pada fase perkembangan postembrionik. Pola perkembangan primitif, ametaboly, adalah telur menyerupai miniatur serangga dewasa. Pola ini terdapat pada ordo primitif tanpa sayap, gegat (*Zygentoma*) dan bristletails (*Archaeognatha*), yang dewasanya terus berganti kulit (Gambar 4.2). Sebaliknya, semua serangga pterygote mengalami perubahan bentuk, yaitu sebuah metamorfosis, antara fase perkembangan yang belum matang dan fase dewasa atau imajinal yang bersayap atau tidak bersayap. Serangga ini dapat dibagi lagi menurut dua pola perkembangan yang luas, hemimetaboly (metamorfosis parsial atau tidak sempurna; Gambar 4.3) dan holometaboly (metamorfosis sempurna; Gambar 4.4) (Gullan dan Cranston, 2014; Wins *et al.*, 2022)



Gambar 4.2. Siklus hidup Diptera: (*Chironomidae*, *Chironomus*) menunjukkan berbagai peristiwa dan tahapan perkembangan serangga (Sumber: Gullan dan Cranston, 2014; Wins et al., 2022)



Gambar 4.3. Siklus hidup serangga hemimetabolous (serangga sayuran hijau, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) Menunjukkan: telur, nimfa dari lima instar, dan serangadewasa pada tanaman tomat. (Sumber: Gullan dan Cranston, 2014; Wins et al., 2022)



Gambar 4.4. Siklus hidup serangga holometabola (kumbang kulit kayu) menunjukkan: telur, tiga instar larva, pupa, dan kumbang dewasa. (Sumber: Gullan dan Cranston, 2014; Wins et al., 2022)

Lebih lanjut Jumar (2000); Gillot (2005); Gullan dan Craston (2014), Wins et al., (2022), menguraikan bahwa metamorfosis adalah keseluruhan rangkaian perubahan bentuk dan ukuran sejak telur sampai menjadi dewasa (imago). Dua macam perkembangan yang dikenal dalam dunia serangga yaitu metamorfosa sempurna atau holometabola yang melalui tahapan-tahapan atau stadium: telur-larva-pupa-dewasa dan metamorfosis bertahap atau hemimetabola yang melalui stadium-stadium: telur-nimfa-dewasa. Perkembangan serangga dari larva atau nimfa menjadi imago umumnya mengalami beberapa tahap perubahan bentuk dan ukuran, yang disebut "metamorfosis". Metamorfosis serangga bermacam-macam, mulai dari yang sederhana sampai yang rumit (kompleks). Berdasarkan perubahan-perubahan tersebut, serangga dapat dibedakan dalam empat golongan, yaitu terdiri dari: 1. Tanpa

Metamorfosis (Ametabola); 2. Metamorfosis Bertingkat (Paurometabola); 3. Metamorfosis Tidak Lengkap (Hemimetabola) dan 4. Metamorfosis Sempurna atau Lengkap (Holometabola).

1. Tanpa Metamorfosis (Ametabola)

Golongan serangga ini sejak menetas (instar pertama) bentuknya sudah menyerupai serangga dewasa (tidak bermetamorfosis), hanya ukurannya saja yang bertambah besar. Serangga muda dan serangga dewasa hidup dalam habitat dengan jenis makanan yang sama. Contoh serangga yang tidak metamorfosis, antara lain ordo Thysanura (kutu buku atau rengget atau ngenget) dan ordo Collembola, misalnya Ekor Gunting.

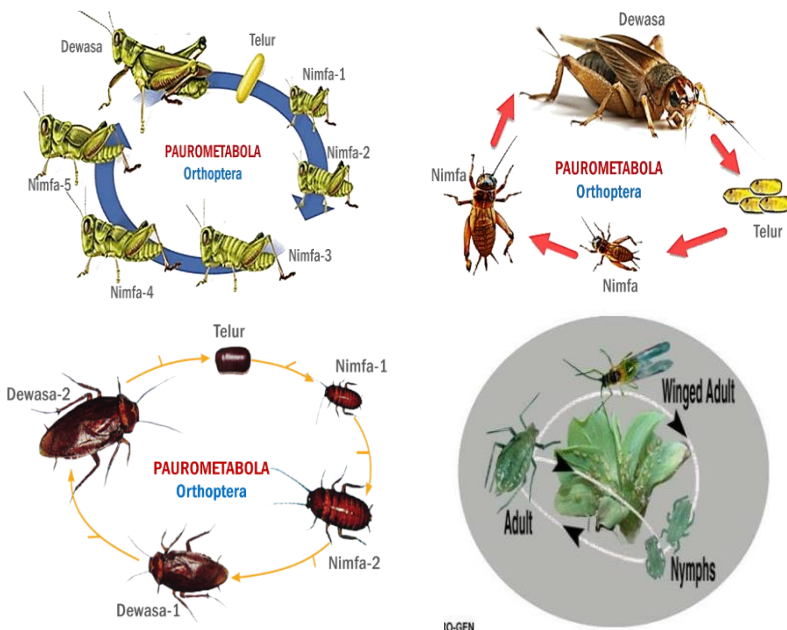


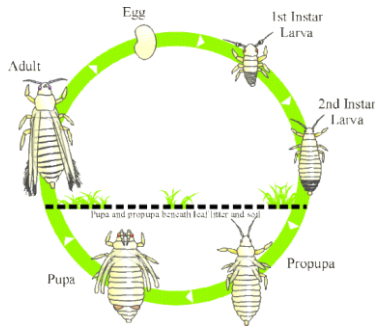
Gambar 4.5. Proses Tanpa Metamorfosis Serangga (Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/program-studi/28-manajemen-pertanian-lahan-kering/informasi-materi-kuliah-praktek1/188-tipe-metamorfosis-serangga>)

2. Metamorfosis Bertingkat (Paurometabola)

Serangga yang tergolong paurometabola mengalami perubahan secara bertahap. Setiap pergantian kulit (ecdysis), ukuran tubuhnya bertambah besar. Bakal sayap tumbuh

secara bertahap, makin lama makin besar, dan akhirnya menyerupai sayap serangga dewasa. Serangga muda disebut "nimfa" (nymph), dan serangga dewasa disebut "imago". Baik nimfa maupun imago hidup dalam habitat yang sama, dengan jenis makanan yang sama pula. Contoh serangga yang mengalami metamorfosis bertingkat, antara lain ordo Orthoptera (belalang, anjing tanah, jangkrik, kecoak, dan lain-lain), ordo Thysanoptera (thrips), ordo Homoptera (kutu daun, wereng, dan lain-lain), dan ordo Hemiptera (kepik, walang sangit, dan lain-lain).

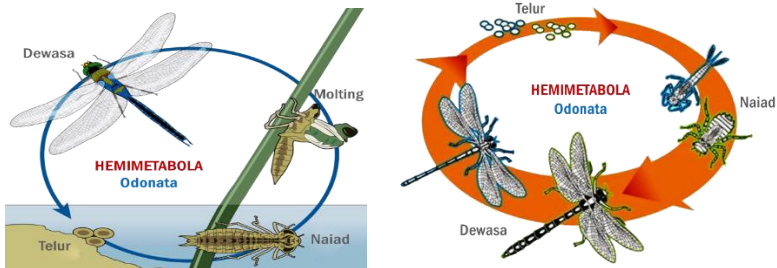




Gambar 4.6. Metamorfosis Bertingkat (Paurometabola)
 (Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/program-studi/28-manajemen-pertanian-lahan-kering/informasi-materi-kuliah-praktek1/188-tipe-metamorfosis-serangga>)

3. Metamorfosis Tidak Lengkap (Hemimetabola)

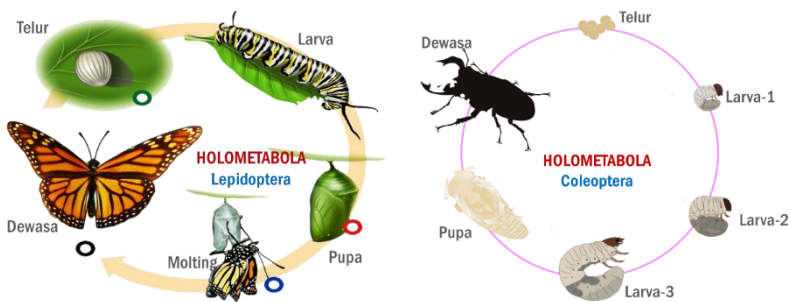
Nimfa serangga golongan ini mengalami beberapa modifikasi, seperti adanya insang trachea, tungkai untuk merangkak dan menggali, tubuh harus dapat berenang, alat mulut harus dapat mengambil makanan di dalam air, dan lain-lain. Habitat nimfa berbeda dengan habitat imago. Nimfa tergolong serangga akuatik (hidup di dalam air), sedangkan imagonya adalah serangga aerial. Contoh serangga golongan hemimetabola adalah ordo Odonata (capung).

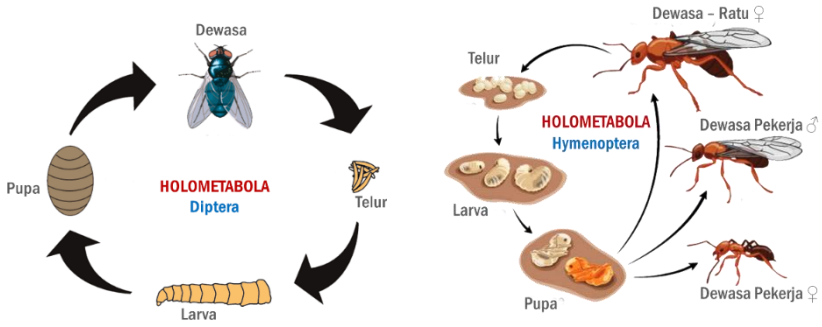


Gambar 4.7. *Metamorfosis Tidak Lengkap (Hemimetabola)*
(Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/program-studi/28-manajemen-pertanian-lahan-kering/informasi-materi-kuliah-praktek1/188-tipe-metamorfosis-serangga>)

4. Metamorfosis Sempurna atau Lengkap (Holometabola)

Serangga muda yang mengalami perkembangan holometabola disebut "larva". Bentuk larva amat berbeda dengan imago. Jenis makanan, perilaku, dan habitatnya pun biasanya berbeda dengan imago. Sebelum menjadi imago, larva akan berkepompong terlebih dahulu. Perubahan bentuk luar dan dalam terjadi dalam tingkat pupa (kepompong). Sayap berkembang secara internal. Contoh serangga yang mengalami perkembangan holometabola, antara lain ordo Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, dan Hymenoptera.





Gambar 4.8. Metamorfosis Sempurna atau Lengkap (Holometabola) (Sumber: <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/program-studi/28-manajemen-pertanian-lahan-kering/informasi-materi-kuliah-praktek1/188-tipe-metamorfosis-serangga>)



BAB V

IDENTIFIKASI SERANGGA

Indonesia merupakan salah satu negara mega biodiversity yang memiliki banyak jenis flora dan fauna. Hal ini disebabkan karena Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak secara geografis antara dua benua yaitu Asia dan Australia dengan kawasan tropik beriklim stabil. Indonesia menempati keanekaragaman flora dan fauna tertinggi kedua setelah Brazil dengan keanekaragaman hayatinya sebanyak 325.350 jenis flora dan fauna. Salah satu jenis kekayaan fauna yang dimiliki Indonesia adalah serangga.

Serangga telah hidup sekitar 350 juta tahun yang lalu dan telah mengalami perubahan evolusi sehingga bisa menyesuaikan kehidupan pada hampir setiap tipe habitat. Kebanyakan serangga memiliki ukuran yang relatif kecil. Beberapa jenis serangga memiliki sayap sehingga mereka dapat penyebar dengan luas serta dapat menghindari

predator. Serangga merupakan hewan kelompok filum Arthropoda dengan jumlah spesies hampir 80% dari jumlah total hewan di bumi yang memiliki siklus hidup dari telur hingga menjadi dewasa, dapat ditemukan di darat, laut dan udara. Pada beberapa serangga memiliki sistem kerajaan, seperti semut dan lebah. Serangga juga memiliki peran penting yang umumnya sebagai bio indikator bagi lingkungan dan polinator untuk tanaman. Serangga merupakan hewan yang dominan dipermukaan bumi dengan penyebaran yang luas melebihi semua hewan melata daratan (Diah, 2015).

Identifikasi merupakan suatu proses pemberian nama pada individu atau sekelompok individu. Penamaan spesies mengacu pada sistem pemberian nama ilmiah (*scientific name*) berupa *binomial name*, yaitu penggabungan dua kata yang mencirikan sifat dari individu yang diberi nama. Identifikasi dilakukan untuk menggolongkan suatu organisme pada status tertentu baik itu takson ataupun status berdasarkan kerugian secara ekonomi (Murdani, 2021). Identifikasi serangga dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya ialah dengan menggunakan buku kunci identifikasi, program *diagnostic key* dengan CD-ROM, kunci identifikasi dari internet, mencocokkan dengan bertanya kepada ahlinya.

A. Identifikasi Serangga

1. Identifikasi menurut para ahli

Identifikasi merupakan proses serta cara pemberian nama pada individu atau sekelompok individu. Penamaan spesies ini mengacu pada sistem pemberian nama ilmiah

(*scientific name*) berupa *binomial name*, yaitu penggabungan dua kata yang mencirikan sifat dari individu yang diberi nama. Identifikasi dilakukan untuk menggolongkan suatu organisme pada status tertentu baik itu takson ataupun status berdasarkan kerugian secara ekonomi yang ditimbulkan oleh spesies tertentu (Diah, 2015).

2. Cara mengidentifikasi serangga (*Insekta*)

Identifikasi serangga dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya adalah:

- a. Karakteristik morfologi dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan identifikasi. Salah satu cara identifikasi dengan menggunakan karakter morfologi melihat bagian caput, torax, karakter scutellum, karakter sayap dan karakter abdomen.
- b. Menggunakan karakter tubuh seperti morfologi, anatomi, perilaku dan fisiologi.
- c. Menggunakan untasi basa DNA yang terdapat sel-sel serangga sebagai penciri.

3. Kendala dalam melakukan identifikasi

Ada beberapa kendala dalam melakukan identifikasi. Ada empat kendala dalam melakukan identifikasi, yaitu:

- a. Banyaknya macam dan jenis serangga
- b. Kebanyakan serangga berukuran kecil dan pembedanya sulit dilihat
- c. Banyak macam serangga yang masih belum dikenal
- d. Setiap serangga memiliki siklus hidup yang berbeda-beda

4. Cara mengatasi kendala identifikasi

Kendala dalam melakukan identifikasi dapat diatasi menggunakan lima teknik identifikasi serangga, yaitu:

- a. Menanyakan kepada ahlinya
- b. Membandingkan dengan koleksi yang ada pada museum
- c. Melakukan identifikasi menggunakan gambar-gambar
- d. Membandingkan serangga dengan deskripsi-deskripsi
- e. Menggunakan kunci determinasi.

B. Serangga (Insecta)

Insecta adalah salah satu kelas dari Arthropoda yang memiliki tubuh terdiri *caput*, *thorax* dan *abdomen*. Pada *caput* terdapat sepasang antena, sedangkan pada *thorax* terdapat tiga pasang *extremitas* namun pada hewan dewasa terdapat satu atau dua pasang sayap. Serangga bisa memiliki beragam warna tubuh yang menarik, atau bisa juga sama sekali tidak menarik. Serangga merupakan hewan berdarah dingin. Beberapa serangga dapat bertahan hidup dalam waktu singkat pada suhu di bawah nol derajat, sementara serangga lainnya dapat bertahan hidup dalam jangka waktu lama pada suhu di bawah nol derajat.

1. Serangga berdasarkan Ordo

a. Orthoptera

Orthoptera merupakan ordo dengan 22.000 lebih spesies yang dikelompokkan kedalam 30 famili yang terdiri dari dua subordo yaitu Celifera dan Ensifera (Gullan, 2010). *Orthoptera* berasal dari istilah *orthos* yaitu lurus dan *pteron* yang artinya sayap. Spesies *Orthoptera* ada yang memiliki sayap dan tidak memiliki

sayap. Beberapa jantan memiliki alat penghasil suara dan beberapa betina Orthoptera memiliki satu alat perteluran (opivisor) (Subyanto, 1991). Kelompok serangga ini pada waktu istirahat memiliki perilaku spesial, dimana sayap belakang dilipat lurus di bawah dan sayap depannya berukuran lebih sempit daripada sayap belakang. Spesies Orthoptera juga memiliki metamorphosis tidak sempurna dan sederhana (paurometabolous).

Orthoptera berperan penting di dalam ekosistem seperti hama sayuran, hama tanaman budidaya, pemakan bahan organik yang membusuk sebagai omnivor. Orthoptera dapat ditemukan hampir pada berbagai habitat yang terdapat banyak serangga Orthoptera seperti rumput pada daerah beriklim sedang, hutan hujan dan daerah tropis (Yulianty, 2017).

Serangga Orthoptera ada yang dapat mengeluarkan suara seperti belalang dan jangkrik, suara ini dihasilkan dari gesekan antara bagian tubuh satu ke bagian tubuh lainnya. Orthoptera yang mengeluarkan suara memiliki telinga yang berbentuk bulat telur atau disebut timpana. Timpana ini tidak peka terhadap perubahan dalam lengkingang, namun dapat merespon secara cepat mengenai perubahan dalam intensitas (Yulianty, 2017). Sebagian besar Orthoptera adalah herbivor, beberapa sebagai hama dan predator dan beberapa lainnya bersifat omnivor (Gullan, 2010). Anggota dari ordo Orthoptera yang banyak dikenal yaitu belalang, jangkrik dan kecoa. Orthoptera di alam mempunyai peran penting yaitu sebagai predator, pemakan bangkai, pengurai material

organik dari hewan dan tumbuhan serta musuh alami dari predator lainnya (Gullan, 2010). Belalang memiliki banyak peran penting di dalam ekosistem seperti menjadi hama sayuran, hama tanaman budidaya, pemakan bahan organik yang membusuk dan sebagiannya sebagai omnivor (Borror, 1996).



*Gambar 5.1. Belalang
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)*

Klasifikasi ordo Orthoptera dengan subordo Ensifera merupakan salah satu dari dua subordo di Orthoptera yang meliputi serangga familiar seperti jangkrik, wates dan serangga lainnya. Subordo ini dicirikan dengan antena panjang seperti benang yang lebih panjang dari tubuh serangga itu sendiri. Ensifera berkomunikasi dengan cara akustik stridulation atau dengan menggosok tegmina mereka bersama sama (Foottit and Adler, 2018). Serangga pada subordo ini meloncat dengan femora yang sedikit besar. memiliki mulut panjang seperti rambut. Serangga ini memiliki membrane timpani pada ujung atas

tibia depan. Beberapa ada yang dapat bersuara dengan menggosokkan tepi sayap. Subordo ini mencakup belalang bersungut panjang dan cengkerik. Ensifera mencakup beberapa famili, 2111 genus dan 14.313 spesies (Foottit, 2018)

1) Super famili *Grylloidea*

Grylloidea merupakan super famili terbesar pada subordo Ensifera. Super famili ini mewakili salah satu dari garis keturunan paling awal di Orthoptera. Beberapa penulis secara historis menganggap Mogoplistidae dan Myrmecophilidae sebagai anggota Grylloide, namun studi filogenetik baru- baru ini mengelompokkan kedua famili ini menjadi Gryllotalpidae (Foottit, 2018).

a) Famili *Gryllidae*



Gambar 5.2. Jangkrik
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Famili *Gryllidae* umumnya dikenal sebagai jangkrik yang bersifat omnivora dan nokturnal. *Gryllidae* dicirikan oleh antena yang Panjang, pronotum kuadrat, dan tegmina terletak di dorsum, ovipositor seperti jarum. Pada banyak

jenis jantan dapat menghasilkan suara dengan menggosokkan tepi sayap yang memiliki urat untuk bermodifikasi membentuk cermin. *Gryllidae* hidup secara kosmopolitan dan dapat ditemukan di daerah yang beriklim sedang, subtropis dan tropis di seluruh benua (Foottit, 2018). Serangga ini memiliki warna tubuh yang bervariasi dari kecoklatan hingga hitam. Habitat famili *Gryllidae* umumnya berkembang di padang rumput, lapangan terbuka, sepanjang sisi jalan, halaman rumah dan beberapa dapat masuk kedalam rumah- rumah. Kebanyakan *Gryllidae* mengerik kecuali jenis *G.rubens* Scudder yang menghasilkan kurang lebih satu lengkingan panjang (Foottit, 2018).

2) Super famili *Gryllotalpoidea*

Super famili *Gryllotalpoidea* diakui sebagai hasil dari studi filogenetik molekuler terbaru yaitu hubungan erat antara famili *Gryllidae* dan famili *Gryllotopidae* telah didukung oleh pembahasan sebelumnya. (Foottit, 2018). Subfamili ini terdiri dari dua famili yaitu:

a) Famili *Gryllotalpidae*



Gambar 5.3. Jangkrik Penggali Tanah
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Famili *Gryllotalpoidea* biasanya dikenal dengan jangkrik penggali tanah. Serangga ini bisa membuat lubang pada tanah yang lembab. Famili *Gryllotalpoidea* dicirikan dengan ukuran kepala kecil dan berbentuk kerucut, memiliki bulu kapok yang lebat berwarna coklat, kaki depan dapat bermodifikasi untuk menggali dan kaki belakang tidak digunakan untuk melompat. Famili *Gryllotalpoidea* menghabiskan sebagian hidupnya untuk menciptakan lubang tanah yang dapat di jadikan sebagai tempat tinggal di bawah tanah. Mereka membuat tempat tinggal dibawah tanah untuk memperkuat suara mereka dalam komunikasi seksual. Kadang-kadang serangga ini bisa menyebabkan kerusakan pada tanaman (Foottit, 2018).

b) Famili *Mogoplistidae*



Gambar 5.4. Jangkring Berisik
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Famili *Mogoplistidae* Dikenal sebagai jangkrik berisik. Famili *Mogoplistidae* memiliki ciri tubuh yang kecil dengan ukuran kurang dari

1,5 cm dan memiliki sisik yang menutupi seluruh tubuhnya, tidak memiliki sayap belakang. Pada serangga jantan, tegmina disembunyikan oleh pronotum. Famili *Mogoplistidae* memiliki spesies yang beragam di *Gryllotalpoidea* yang terdiri dari dua subfamili, 30 genus dan 375 spesies. (Foottit, 2018).

- 3) Super famili *Schizodactyloidea*
 - a) Famili *Schizodactylidae*



*Gambar 5.5. Jengkring Berkaki Terbentang
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)*

Famili *Schizodactylidae* biasa disebut dengan jangkrik kaki terbentang. Famili *Schizodactylidae* memiliki ciri sayap belakang yang melingkar seperti spiral ketat dan Panjang, memiliki kepala dengan ukuran besar, rahang bawah yang kuat, empat segmen tarsal dan tidak ada tympani intibia depan. Serangga ini dapat ditemukan di perbatasan Afrika Selatan, Asia Barat Daya, India, Dan Turki. Anggota famili ini merupakan predator aktif dan menunjukkan perilaku subsosial (Foottit, 2018).

- 4) Super famili *Rhaphidophoroidea*
 - a) Famili *Rhaphidophoridae*



Gambar 5.6. Jangkrik Unta
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Famili *Rhaphidophoridae* Dikenal sebagai jangkrik unta atau jangkrik gua. Famili *Rhaphidophoridae* memiliki ciri kaki belakang panjang dan organ pendengaran yang kurang. Famili *Rhaphidophoridae* mencakup 9 subfamili, 81 genus dan 646 spesies. Famili *Rhaphidophoridae* tidak banyak diketahui namun memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi dan memiliki distribusi geografis yang terbatas (Foottit, 2018).

- 5) Super famili *Hagloidea*
 - a) Famili *Prophalangopsidae*



Gambar 5.7. Jangkrik Bersayap Bongkok
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Famili *Prophalangopsidae* dikenal sebagai jangkrik bersayap bongkok. Famili *Prophalangopsidae* memiliki ciri yang unik yaitu letak sayap pada bagian pundak, memiliki organ fungsional pada bagian bawah setiap segmen dan sering berganti sayap saat melangkah. Pada serangga dewasa berwarna kecoklatan dengan tanda- tanda yang relatif kokoh dengan panjang tubuh 25 mm. Serangga ini memiliki perilaku kawin yang aneh dimana betina menunggangi jantan dan memakan sayap belakangnya selama fase awal kopulasi. Pada proses ini, jantan menggunakan organ pencubit yang terletak di perutnya untuk menahan betina di tempat kopulasi. Sayap pada jantan dapat berubah posisi ketika sedang mengeluarkan bunyi. Famili *Prophalangopsidae* diwakili oleh *Cryphiderris* yang berada disekitar gunung Amerika Serikat (Foottit,2018).

b. Hemiptera

Hemiptera adalah golongan serangga yang memiliki sayap depan yang mengalami modifikasi sebagai *hemelitron*, yaitu setengah bagian di daerah pangkal menebal, sedangkan sisanya berstruktur seperti selaput, dan sayap belakang mirip selaput tipis membran. Tipe perkembangan hidup ordo Hemiptera adalah paurometabola mulai dari telur-nimfa-imago. Tipe alat mulut, baik nimfa rnaupun imago, bersifat menusuk-mengisap, dan keduanya hidup dalam habitat yang sama.

Stadium serangga yang merusak tanaman adalah nimfa dan imago.



Gambar 5.8. Kepik Sejati
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Dalam kelas serangga, keanekaragaman tertinggi dalam kelompok *Exopterygota* dimiliki oleh bangsa Hemiptera (Pudjiastuti, 2005). Hemiptera merupakan ordo dari serangga yang dikenal juga sebagai kepik sejati. Secara harfiah, Hemiptera berasal dari dua kata, yaitu hemi dan ptera. Hemi berarti separuh, dan ptera yang berarti sayap. Merujuk pada kenyataannya, salah satu karakteristik yang menjadi ciri khas dari ordo Hemiptera merupakan sayapnya.

Hemiptera memiliki ukuran dan bentuk yang bervariasi mulai dari 1-110 mm, memiliki bentuk sangat pipih, panjang, bulat telur, dan hampir segitiga. Menurut Borror (1996), karakteristik yang paling menjadi ciri khas dari Hemiptera adalah sayap, tungkai, sungut, dan proboscisnya. Pada umumnya, Hemiptera memiliki tipe mulut penusuk dan penghisap, contohnya pada bangsa wereng, kepik, dan kutu daun. Sayap pada Hemiptera

disebut sebagai hemelytron dengan struktur dasar sayap depan yang mengalami penebalan sedangkan sayap belakang seperti kulit, dan bagian ujungnya berselaput tipis. Sama halnya dengan serangga lain, tubuh Hemiptera juga terbagi menjadi toraks, caput dan juga abdomen (Pudjiastuti, 2005).

c. *Homoptera*

Ordo *homoptera* seperti kutu kebul memiliki sayap tipis, dan tubuh serangga berwarna putih hingga kekuningan merupakan hama bagi tanaman jeruk siam yang menyerang pada bagian bawah daun yang menyebabkan daun menjadi mengkerut (Maesyaroh, 2018).



Gambar 5.9. <https://mplk.politanikoe.ac.id>. 2024

Homo artinya sama dan pteron berarti sayap. Serangga golongan ini mempunyai sayap depan berstruktur sama, yaitu seperti selaput membran. Sebagian dari serangga ini mempunyai dua bentuk, yaitu serangga bersayap dan tidak bersayap. Misalnya, kutu daun *Aphis sp.* sejak menetas sampai dewasa tidak

bersayap. Namun, bila populasinya tinggi sebagian serangga tadi membentuk sayap untuk memudahkan pindah dari satu tempat ke tempat lain. Tipe perkembangan hidup ordo Homoptera adalah paurometabola mulai dari telur-nimfa-imago. Kutu daun bersifat partenogenetik, yaitu embrio berkembang didalam imago betina tanpa pembuahan terlebih dahulu.

Jenis serangga dari golongan ini, antara lain wereng hijau (*Nephotettix apicalis*), wereng coklat (*Nilaparvata lugens*), kutu daun penular CVPD (*Diaphorina citri*), kutu daun (*Aphis* sp.), kutu daun (*Myzus persicae*), kutu daun atau white fly (*Bemisia tabaci* Genn), kutu daun jeruk dan mawar (*Aleurocanthus spiniferus*), kutu daun kelapa (*Aleurodicus destructor* Mask), kutu putih pada tebu (*Oregma lanigera* Zehntn), kutu sisik atau kutu perisai hijau pada kopi dan cengkeh (*Coccus viridis*), kutu dompolan (*Pseudococcus citri* Risso).

d. *Lepidoptera*

Lepidoptera merupakan ordo terbesar dari serangga. *Lepidoptera* berasal dari kata Lepis yang berarti sisik, pteron yang berarti sayap, sehingga memiliki arti sayap bersisik. Sisik-sisik ini nantinya yang akan membuat sayap kupu-kupu mempunyai warna yang cerah (Bonnu, 2013). Imago dari *lepioptera* biasanya disebut kupu-kupu dan ngengat atau Moth. Kupu-kupu memiliki sayap yang indah dan menarik serta aktif di siang hari sehingga lebih banyak dikenal oleh umum. Ngengat mempunyai sayap yang tidak menarik serta tertarik dengan cahaya, kebanyakan spesies ngengat aktif pada malam hari namun ada juga yang aktif pada petang dan pagi, serta

pada siang hari. Cara membedakan kelompok jantan dan betina dari *Lepidoptera* yaitu dengan cara melihat pola sayap dan warnanya, pada kupu-kupu jantan memiliki warna sayap yang lebih kuat dan memiliki banyak corak.



*Gambar 5.10. Kupu-Kupu
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)*

Menurut Suhara (2009), mengatakan bahwa *Lepidoptera* memiliki bentuk alat mulut tipe penghisap, alat mulut berubah sedemikian rupa sehingga mulutnya menyerupai belalai yang disebut proboscis. Karena proboscis tersebut panjang, biasanya digulung dibawah kepala”. Serangga *Lepidoptera* memiliki antenna agak panjang, mulut pada larva bertipe pengigit dan pada dewasa penghisap, dan ukuran tubuh kecil sampai besar (Hadi, dkk., 2009). Mata majemuk seekor kupukupu atau ngengat relatif besar dan terdiri dari sejumlah faset. Kebanyakan ngengat mempunyai dua mata tunggal, satu pada masing-masing sisi yang dekat dengan batas majemuk (Borror, et al., 1996).

Kupu-kupu dilengkapi dengan dua pasang sayap, dan bagian tubuh terbagi menjadi 3 bagian yaitu caput,

thoraks dan abdomen. Tubuhnya ditopang dengan kerangka luar yang disebut eksoskeleton yaitu tempat melekatnya otot dan organ pada sisi bagian dalam. Kepala dan dada dilengkapi dengan otot-otot yang memiliki fungsi sebagai alat gerak dari bagian mulut dan sayap kupu-kupu. Lapisan luar dari rangka lepidoptera sebagian besar berupa lapisan kitin.

e. *Coleoptera*

Ordo *Coleoptera*, diambil dari kata *coeleos* yang berarti seludang dan *pteron* yang berarti sayap, maka dapat disimpulkan *Coleoptera* adalah serangga yang memiliki seludang pada sayapnya. Empat puluh persen dari seluruh spesies serangga adalah kumbang sekitar 350,000 spesies, dan spesies baru masih sering ditemukan.

Serangga ordo *Coleoptera* adalah kelompok serangga kumbang dengan ciri-ciri ukuran tubuh kecil sampai besar, sering kuat dan kompak, sangat tersklerotisasi, mandibulata, dengan sayap depan termodifikasi menjadi elytra kaku yang menutupi sayap belakang yang terlipat waktu istirahat, tungkai mengalami berbagai modifikasi, sering memiliki kuku dan struktur adesif, tingkat pra-dewasa terestrial atau akuatik dengan kapsul kepala tersklerotisasi, mandibel dapat berlawanan dan biasanya tungkai torak 5 segmen, tanpa kaki abdomen atau kelenjar sutera labial. Kelompok ordo serangga terbesar dalam hal jumlah spesiesnya sebanyak lebih dari 237 ribu. Jenis serangga ordo *Coleoptera* merupakan ordo serangga yang berpotensi sebagai hama tanaman.



Gambar 5.11. kumbang
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Coleoptera atau dikenal juga dengan sebutan kumbang adalah hewan yang termasuk dalam filum Arthropoda, Insekta. Kumbang adalah salah satu hewan yang mempunyai ciri morfologi yang sama dengan kebanyakan serangga. (Suhara, 2009).

Coleoptera dalam Bahasa Yunani, berasal dari *coleo* yang berarti perisai, dan *ptera* yang berarti sayap. yang jika diartikan secara harfiah *Coleoptera* merupakan serangga yang memiliki sayap yang menyerupai perisai. *Coleoptera* adalah hewan dalam filum Arthropoda, dengan kelas Insecta. Hewan ini juga dikenal sebagai kumbang yang memiliki penampilan yang secara umum mirip dengan serangga lainnya. Kumbang dapat ditemukan di berbagai habitat, tetapi belum ada penulisan terbaru yang menunjukkan apakah kumbang ada di lautan luas ataupun daerah kutub. Kumbang berinteraksi dengan lingkungannya dengan beberapa macam cara. Dalam rantai makanan, kumbang biasanya memakan tanaman dan jamur, tetapi beberapa spesies berperan sebagai parasit atau predator invertebrata

lainnya. Secara ekologis, kumbang dapat memberikan efek positif dan negatif tergantung pada jenis kumbang, spesies, kondisi habitat dan daerah tempat tinggal kumbang (Suhara, 2009, hlm. 10).

Tubuh ordo *Coleoptera* terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu caput, thorax, dan abdomen. *Coleoptera* memiliki eksoskeleton luar yang terbuat dari kitin sebagai kerangka luarnya. Sayap depan pada kumbang keras dan tebal, yang berfungsi sebagai penutup sayap belakang dan tubuh. Sayap depan pada kumbang disebut elytra. Sayap belakangnya berselaput dan terlipat di bawah elytra saat istirahat. Mulut kumbang bertipe menggigit dan mengunyah. Kumbang juga memiliki kepala yang bebas, yang terkadang menjulur ke depan atau ke bawah, sehingga menjadi dapat berubah menjadi seperti moncong. Kumbang memiliki mata majemuk facet besar, tanpa mata tunggal *ocellus*. Perut memiliki 10 segmen, tidak semuanya terlihat di area tulang dada. Prothorax dan rahang bawah kumbang jantan sering mengembang dan berfungsi pada saat bertarung (Suhara, 2009).

f. *Diptera*

Ordo *Diptera* merupakan salah satu anggota serangga yang berperan sangat penting dalam menjaga ekosistem. ordo *Diptera* dapat dijadikan sebagai jasa ekosistem yang berharga yaitu sebagai hewan scavengers (pemakan dan pengurai organisme yang telah mati), predator, parasitoid, makanan bagi predator, dan penyerbuk. Memiliki satu sayap, sayap kedua dimodifikasi menjadi organ penyeimbang yang disebut

lanyard. Bagian mulut cocok untuk menghisap, menusuk atau menjilat.



Gambar 5.12. Lalat
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Diptera adalah salah satu ordo yang terbesar dari ordo serangga, secara individual dan jenis sangat banyak dan hampir terdapat dimanamana. *Diptera* dapat di bedakan langsung dari serangga lain dengan istilah lalat contoh: lalat gergaji, lalat batu, lalat, capung dan lainnya) dengan kenyataan bahwa mereka memiliki sepasang sayap. Sayap depan dan sayap-sayap belakang tersusut menjadi struktur-struktur seperti kenop yang disebut halter, yang fungsinya sebagai organ-organ keseimbangan (Borror, 1996, hlm. 619).

Ordo *diptera* mempunyai metamorfosa yang sempurna, tipe alat mulut untuk mengunyah atau menghisap atau menjilat dan menghisap membentuk alat mulut yang seperti belalai disebut probosis. Probosis ini dapat ditarik kedalam atau dijulurkan sesuai dengan keperluan hewan tersebut. Sesuai dengan namanya, hewan dari ordo ini mempunyai 2 pasang sayap depan, sedangkan sayap belakang berubah bentuknya menjadi

suatu bulatan kecil yang disebut haltere. Haltere ini digunakan sebagai alat keseimbangan dan alat untuk mengetahui keadaan angin (Rusyana, 2011).

g. Thysanoptera

Serangga Ordo *Thysanoptera* dikenal dengan nama umum Trips, relatif kecil dengan panjang tubuh rata-rata 1,5mm. Sebagian besar anggota spesies dari anggota ordo ini berperan sebagai hama pada berbagai tanaman. Trips ordo *Thysanoptera* merupakan serangga kecil dengan panjang 0,5-5 mm, namun beberapa jenis di daerah tropika panjangnya dapat mencapai 14 mm (Antonelli, 2003). Trips yang telah teridentifikasi di dunia sekitar 6500 jenis, sedangkan di Indonesia hingga saat ini baru sekitar 448 jenis besar jenis trips yang telah teridentifikasi di Indonesia termasuk ke dalam subordo Tubulifera, suku Phlaeothripidae (Sartiami, 2013).



Gambar 5.13. Penggorok Daun
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Thysanoptera atau penggorok daun adalah ordo serangga yang berisi 5800 spesies yang terbagi dalam 9 famili. Ordo ini terbagi menjadi dua subordo, yaitu Tubulifera dan Terebrantia. Serangga ini bermetamorfosis sempurna holometabolous dengan perkembangan dimulai dari telur, tahap instar, tahap

pupa, dan dewasa. Pada tahap pupa, walau di dalam kepompong serangga ini tetap dapat bergerak.

h. Isoptera

Rayap merupakan serangga ordo *Isoptera*. rayap merupakan bagian penting dalam daur ulang nutrisi tanaman melalui proses desintegrasi dan dekomposisi material organik. Rayap bisa merusak kayu bagian dari konstruksi bangunan dan material berselulosa (waryono, 2004). Rayap memiliki tubu yang linak dan berwarna terang sering ditemukan pada hutan, pekaranga, kebun (Kambhampati, 2000). Rayap bermanfaat untuk membantu mengurai sisa kayu, serah dan sejenisnya menjadi unsur hara pendukung kehidupan selanjutnya.



Gambar 5.14. Rayap

(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

2. Serangga berdasarkan Famili

a. Famili *Tipulidae*

Tipulidae merupakan lalat bertungkai Panjang. Serangga ini mempunyai bagian mulut yang panjang sehingga tidak mampu menggigit. Tungkainya panjang

ramping, mudah putus, sayapnya panjang dan sempit. Lalat tungkai banyak ditemukan pada tanaman (Siwi,1991). Larva lalat tungkai sebagian besar bersifat akuatik atau semi akuatik. Makanan utama lalat tungkai adalah jaring tanaman. Selain itu, lalat tungkai juga bisa merusak tanaman budidaya.



Gambar 5.15. Lalat Bertungkai Panjang
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Tipulidae* adalah sebagai berikut:

Kingdon: Animalia
Filum: Arthropoda
Kelas : Insekta
Ordo : Diptera
Subordo: Nematocera
Famili : *Tipulidae*

Tipulidae adalah famili yang tergolong dalam ordo Diptera dan super famili Tipuloidea. *Cylindrotomidae*, *Limoniidae*, *Pediciidae* adalah peringkat sebagai subfamili dari *Tipulidae* oleh beberapa penulis. *Tipulidae* adalah

serangga penyendiri yang mengalami penyebaran ke seluruh penjuru dunia dengan jumlah yang terbatas. Keragaman dapat dijumpai di daerah tropika, belahan bumi utara, serta di daerah dataran tinggi. Lalat dewasa yang tergolong famili biasanya tampak mirip dengan nyamuk dan panjangnya bervariasi antara 2-60 mm, walaupun panjang spesies tropis dapat mencapai 100 mm.

b. Famili *Chironomidae*

Berdasarkan (Siwi,1991), Famili *Chironomidae* memiliki ciri-ciri dengan ukuran tubuh kecil seperti nyamuk dan ciri utama pada jantan memiliki antenna yang berbulu. Serangga ini ditemukan hampir di semua tempat, seperti pada bahan makanan yang mulai membusuk, kadang terdapat di bawah kayu atau tanah yang lembab. larva serangga ini sebagian besar bersifat aquatic.



Gambar 5.16. Lalat Kerdil
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Chironomidae* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insekta

Ordo: Diptera

Subordo: Nematocera

Famili: *Chironomidae*

Chironomidae adalah famili lalat *nematocera* tersebar di berbagai belahan dunia. Famili ini berhubungan erat dengan *Ceratopogonidae*, *Simuliidae*, dan *Thaumaleidae*. Banyak spesies yang tampak mirip nyamuk, tetapi mulut mereka tidak panjang seperti nyamuk. Tahap larva dari serangga ini sering juga dinamakan cacing darah atau *bloodworm*.

Famili *Chironomidae* merupakan lalat kerdil yang non biting midges (hama permukiman yang tidak mengigit/ menghisap darah). Keberadaan lalat ini dapat ditemukan hampir di semua tempat, larva sebagian besar akuatik, beberapa terdapat di bahan-bahan yang mulai membusuk, di bawah kayu atau tanah yang lembab.

c. Famili *Agromyzidae*

Agromyzidae merupakan lalat pengerek daun yang memiliki ukuran kecil berwarna kehitaman atau kekuningan. Larva serangga ini biasanya menempel pada daun tanaman dan yang dewasa terdapat dimana-mana. Jenis serangga ini banyak membuat terowongan di dalam daun seperti ulat.



Gambar 5.17. Lalat Penggerek
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Agromyzidae* adalah sebagai berikut:

Kingdm: Animalia
Filum: Arthropoda
Kelas: Insekta
Ordo: Diptera
Subfamili: Opomyzoidae
Famili: *Agromyzidae*

Agromyzidae adalah famili lalat yang terdiri dari sekitar 2.500 spesies dan tersebar di berbagai belahan dunia. Spesies dalam famili ini biasanya kecil, dengan panjang sayap sekitar 1 mm dan panjang maksimum adalah 6.5 mm. Sebagian besar spesies panjangnya kurang lebih antara 2 hingga 3 mm. Larva *Agromyzidae* merupakan pemakan daun, sehingga famili ini dikenal juga sebagai *leaf-miner flies*. Beberapa spesies menyerang tumbuhan pertanian atau ornamental, sehingga sering dianggap sebagai hama. Misalnya, *Pegomya hyoscyami* memakan daun bayam.

d. Famili *Psychodidae*

Famili *psychodidae* adalah lalat berukuran kecil biasanya sangat berbulu dan memiliki sayap di atas tubuhnya. Famili *Psychodidae* terdapat di tempat teduh dan lembab.



Gambar 5.18. Lalat pembuangan
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *psychodidae* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas : Insekta

Ordo : Diptera

Subordo: Psychodomorpha

Famili : *Psychodidae*

Psychodidae disebut juga lalat saluran pembuangan yang memiliki tubuh dan sayap pendek dan berbulu. Terdapat lebih dari 2.600 spesies yang dideskripsikan di seluruh dunia, sebagian besar berasal dari daerah tropis

lembab. Hal ini menjadikan *Psychodidae* sebagai salah satu famili serangga paling beragam. Lalat saluran pembuangan terkadang menghuni saluran pipa dan sistem pembuangan limbah, karena tidak berbahaya, tetapi bisa menjadi gangguan yang terus-menerus.

e. Famili *Drosophilidae*

Famili *drosophilidae* biasa dikenal dengan lalat buah kecil, lalat ini memiliki panjang 3-4 mm dan warnanya kekuning-kuningan, jenis ini terdapat di tanaman atau buah yang membusuk. Jenis ini merupakan hama serta larvanya terdapat di dalam buah-buah yang membusuk.



Gambar 5.19. Lalat Buah
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *drosophilidae* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insekta
Ordo: Diptera
Subordo: Brachycera

Subfamili: Ephydroidae
Famili : *Drosophilidae*

Drosophilidae adalah famili kosmopolitan lalat yang beragam, yang meliputi lalat buah. Famili lain dari lalat disebut *Tephritidae* juga termasuk lalat buah. Spesies yang paling dikenal dari Drosophilidae adalah *Drosophila melanogaster*, dalam genus *Drosophila*, dan spesies ini digunakan secara luas untuk studi tentang genetika, perkembangan, fisiologi, ekologi dan perilaku. Lalat buah ini sebagian besar terdiri dari sel-sel pasca-mitosis, memiliki umur yang sangat singkat, dan menunjukkan penuaan bertahap. Seperti pada spesies lain, temperatur mempengaruhi sejarah kehidupan binatang. Beberapa gen telah diidentifikasi yang dapat dimanipulasi untuk memperpanjang umur serangga ini.

C. Jenis Serangga Hutan

1. *Melanoplus bispinosus*

Banyak spesies serangga yang terlihat mirip, sementara sedikit yang terlihat unik dan berbeda. Identifikasi pada banyak spesies hanya dapat dicapai dengan memeriksa alat kelamin jantan pada spesimen. Gambar seringkali tidak cukup untuk mendapatkan kesimpulan dari identifikasi. Ciri-ciri *Melanoplus bispinosus* ialah memiliki ukuran kecil hingga relatif besar, tekstur halus, berwarna kecoklatan, keabu-abuan, kekuningan, atau kehijauan. Selain itu, serangga ini memiliki pita gelap lebar yang memanjang ke belakang dari mata majemuk dengan wajah tidak terlalu miring, dan bagian

atas kepala membulat. Pronotum relatif mulus, dan membulat dari atas ke samping. Ukuran dan bentuk sayap bervariasi, tetapi apabila sudah berkembang sempurna, sayap belakang biasanya berwarna bening sampai kebiruan atau kekuningan dan tidak memiliki pola yang jelas. Tegmina akan berukuran ramping apabila panjang, jarang berpola kuat, tetapi memiliki garis pucat atau deretan bintik kecil gelap serta terang yang tidak beraturan. Beberapa genera serupa, namun sebagian besar cukup khas untuk dibedakan berdasarkan penampilannya. Yang paling mirip adalah *Paroxya* dengan pronotum yang sangat panjang dan antena yang panjang, *Aeoplides* ditemukan pada tanaman *Chenopodiaceae* dengan dua garis berwarna gelap sempit di tengah atas pronotum, *Asemoplus* tepi atas belakang pronotum yang jelas. cekung secara garis besar, *Phoetaliotes* dengan ukuran kepala besar, dan *Oedaleonotus* sangat besar dengan tonjolan lateral di sisi atas pronotum, dan bagian bawah lutut kaki belakang berwarna pucat.



Gambar 5.20. Belalang
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Melanoplus bispinosus* adalah sebagai berikut:

Kingdom: *Animalia*

Phylum : *Arthropoda*

Subphylum : *Hexapoda*

Class : *Insecta*

Order : *Orthoptera*

Suborder : *Caelifera*

Family : *Acrididae*

Subfamily : *Melanoplinae*

Tribe: *Melanoplini*

Genus : *Melanoplus*

2. ***Oechopyllas maragdina***

Semut *Formicidae: Hymenoptera* adalah salah satu kelompok serangga dengan keberadaan yang sangat umum dan hampir menyebar luas, terdapat dimana-mana termasuk pada habitat teresterial dan jumlahnya melebihi hewan darat lainnya. Keberadaan *Oechopyllas maragdina* mulai dari daerah kutub sampai tropis dan daerah peisisir sampai pegunungan (Borror, 1992). Semut merupakan kelompok hewan dengan indikator hayati sebagai alat monitoring perubahan kualitas lingkungan serta penentuan kawasan konservasi. Hal ini, didukung oleh beberapa sifat yang dimiliki semut, yaitu hidup diberbagai habitat dan kondisi alam, mempunyai toleransi sempit terhadap perubahan lingkungan, biomassa yang dominan, mempunyai sifat penting dalam ekosistem, serta secara taksonomi relative maju (Andersen, 2000). Salah satu jenis semut yang sering digunakan dalam mengendalikan hama pada pertanian

diantaranya jenis semut rangrang (*Oecophyllas maragdina*). *Oecophyllas maragdina* adalah semut yang dominan di hutan terbuka seperti di Negara India, Australia, Cina dan Asia Tenggara, Dimana sarang didaun dibentuk dengan sutra larva. Semut rangrang (*Oecophyllas maragdina*) merupakan serangga eusosial, dan kehidupan koloninya sangat tergantung pada arboreal. Seperti jenis semut yang lain, semut rangrang memiliki struktur sosial yang terdiri atas: Ratu; betina, berukuran 20-25 mm, berwarna hijau atau coklat.



Gambar 5.21. Semut Penenun
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Melanoplus bispinosus* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas: Insecta

Ordo: Hymenoptera

Famili: Formicidae

Genus : Oecophylla

Spesise: Oecophylla smaragdina

Oecophylla smaragdina atau lebih dikenal sebagai semut penenun atau semut kroto adalah spesies semut arboreal yang ditemukan di Asia tropis dan Australia. Semut-semut ini membentuk koloni dengan banyak sarang di pepohonan, setiap sarang terbuat dari daun yang dijahit menjadi satu menggunakan sutra yang dihasilkan oleh larva semut: maka dinamai *oecophylla*.

3. *Philaethria dido*

Kupu-kupu *Philaethria dido* memiliki lebar sayap sekitar 110 mm pada permukaan atas sayap bercorak hitam dengan bercak hijau bening pada bagian bawah ada beberapa guratan coklat dengan sisik abu-abu. *Philaethria dido* hampir mirip dengan *stelen Siproeta*. Kedua jenis serangga ini memiliki warna yang sama, namun bentuk sayapnya berbeda. *Philaethria dido* terbang tinggi di kanopi, sedangkan *stelen Siproeta* sering terlihat di pembukaan hutan. *Philaethria dido chocoensis* adalah endemik di daratan sebelah barat Andes dari bagian barat Ekuador hingga wilayah di barat laut Kolombia. *Philaethria dido* mempunyai sebaran yang lebih luas dan berasal dari hutan tropis di Amerika Selatan di sebelah Timur Andes. Penerbangan kupu-kupu terkadang ada pada aliran sungai, tetapi juga dapat dilihat di tempat terbuka yang diterangi matahari. Ia terdapat di hutan hujan tropis pada ketinggian dari nol hingga 1200 meter (4000 kaki) tetapi tidak terdapat di hutan gugur.



Gambar 5.22. Kupu-kupu
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Philaethria dido* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthtropoda

Kelas: Insekta

Ordo: Lepidoptera

Famili: Nymphalidae

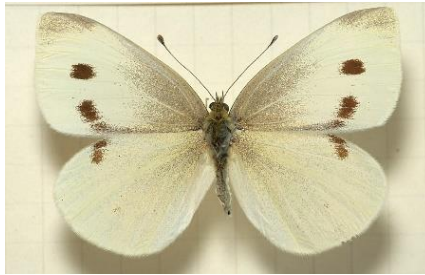
Genus: Philaethria

Spesies: *philaethria dido*

4. *Pieris rapae*

Pieris rapae adalah spesies kupu-kupu berukuran kecil hingga sedang dari famili *Pieridae*. Di Eropa *Pieris rapae* dikenal sebagai kupu kupu putih kecil, di Amerika Utara sebagai kubis putih atau kupu-kupu kubis, di beberapa benua sebagai kubis putih, dan di Selandia baru sebagai kupu-kupu putih. Spesies ini memiliki wilayah jelajah alami di Eropa, Asia, dan Afrika Utara. Perkiraan menunjukkan bahwa seekor betina dari spesies ini menjadi nenek moyang dalam jutaan

generasi (Scott, James A. 1986). Kupu kupu ini sangat langka di daerah gurun dan semi-gurun kecuali daerah beririgasi (Gibbs, G. W. 1980).



Gambar 5.23. Kupu-kupu Putih
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)

Klasifikasi ilmiah Famili *Philaethria dido* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthtropoda

Kelas: Insekta

Ordo: Lepidoptera

Famili: Pieridae

Genus: Pieris

Spesies: *pieris rapae*

5. *Dysdercus cingulatus*

Bapak pucung atau bok bok cong adalah spesies dari kepik sejati dalam famili *Pyrrhocoridae*. Bapak pucung merupakan hama bagi tanaman kapas. Nimfa dewasa dan tua memakan buah kapas yang muncul dan biji kapas yang akan matang.

Bapak pucung tumbuh dengan panjang sekitar 12–18 mm. Spesies ini memiliki warna merah yang dominan, tetapi mereka juga memiliki kerah berwarna putih dan tiga bintik hitam. Mereka berkaitan erat dan sangat mirip dengan *Dysdercus koenigii*, tetapi *D. cingulatus* sedikit lebih besar dan *femur*-nya memiliki jumlah warna hitam yang bervariasi, sementara *D. koenigii* seluruh *femur*-nya memiliki warna merah.

Seperti halnya kepik sejati yang lain, bapak pucung mengisap cairan dari tanaman inangnya. Satu-satunya bagian tanaman kapas yang terkena hama ini adalah bunga dan kapsul biji atau buah kapasnya. Saat buah kapas akan matang dan karpelnya terbuka, serangga ini memasuk-masukkan cotoknya di antara karpel tumbuhan dan mengisap cairan dari biji yang masih lunak di dalamnya. Mikroorganisme dapat masuk saat proses ini berlangsung dan membuat kandungan buah kapas membusuk atau seratnya menjadi berubah warna. Sementara itu, biji menjadi layu, seratnya kemungkinan gagal berkembang dan buah kapas bisa gugur. Ketika biji tanaman inang matang dan tanaman inang menjadi tidak cocok untuk ditinggali, serangga dewasa bermigrasi ke tanaman inang baru dari spesies tanaman yang sama atau berbeda. Sementara jauh dari inang mereka, mereka memakan nektar dan buah tanaman yang bukan inang, dan dapat bertahan hidup selama beberapa hari tanpa makanan. Mereka tampak menyukai buah jeruk, tetapi ini mungkin hanya karena sering ada perkebunan jeruk di dekat ladang kapas.



*Gambar 5.24. Batak Pucung
(Sumber: Anonim, Wikipedia.org, 2024)*

Klasifikasi ilmiah Famili *Philaethria dido* adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Ordo: Hemiptera

Famili: Pyrrhocoridae

Filum: Arthropoda

Genus: Dysdercus

Kelas: Insecta



BAB VI

HYMENOPTERA

Keragaman makhluk hidup di alam yang tak terbatas, terdapat ordo Hymenoptera yang menonjol sebagai kelompok serangga yang luar biasa, mencakup berbagai habitat dan memainkan peran kunci dalam keseimbangan ekologis (Robinson, 2005). Dari hutan hujan tropis yang lembap hingga padang pasir yang kering, dari taman belakang rumah kita hingga lahan pertanian yang luas, serangga-serangga ini berkembang biak dan berkontribusi pada kehidupan di Bumi dengan cara yang tak terhitung.

Semut, tawon, dan lebah adalah anggota paling dikenal dari ordo ini, masing-masing dengan kebiasaan dan adaptasi yang unik. Anggota dari hymenoptera berkisar dari individu soliter yang menjalani hidup dalam kesendirian hingga anggota dari koloni besar dengan sistem sosial yang kompleks, di mana setiap serangga memiliki peran dan fungsi

yang jelas (Marshall, 2023). Dalam koloni-koloni ini, kita dapat mengamati organisasi sosial yang canggih, dengan hierarki dan pembagian kerja yang memungkinkan tidak hanya bertahan tetapi juga berkembang.

Peran ekologis Hymenoptera sangat beragam. Beberapa spesies adalah pemakan tumbuhan/tanaman, mengunyah daun atau menghisap sari untuk nutrisi. Ada juga yang bertindak sebagai parasitoid, menghabiskan sebagian atau seluruh siklus hidup di dalam atau di tubuh inang lain. Namun, semua peran ini terjalin dalam jaringan kehidupan, di mana Hymenoptera memainkan bagian penting dalam polinasi, pengendalian hama, dan proses ekologis lainnya (Whitfield, 2003).

Siklus hidup Hymenoptera adalah contoh sempurna dari metamorfosis lengkap, dimulai dari telur yang diletakkan dengan hati-hati di tempat yang aman, berkembang menjadi larva yang rakus, kemudian berubah menjadi pupa yang diam, dan akhirnya muncul sebagai serangga dewasa yang siap untuk melanjutkan siklus kehidupan. Setiap tahap memiliki tantangan dan strategi adaptasi yang berbeda, memastikan kelangsungan hidup spesies melalui generasi.

A. Morfologi Hymenoptera

Ordo Hymenoptera, yang mencakup semut, lebah, tawon, dan parasitoid, menampilkan variasi morfologi yang luar biasa yang memungkinkan untuk beradaptasi dengan berbagai lingkungan dan gaya hidup. Morfologi Hymenoptera mencerminkan keanekaragaman fungsi dan perilaku yang dimiliki.

Morfologi Hymenoptera adalah hasil dari evolusi jutaan tahun yang memungkinkan untuk mengisi banyak relung ekologis dan menjadi salah satu ordo serangga yang paling penting bagi manusia, baik sebagai penyerbuk maupun pengendali hama.

1. Antena

Antena Hymenoptera adalah organ sensorik yang sangat penting, terutama pada spesies sosial dan parasit. Pada jantan, antena biasanya terdiri dari 13 segmen, sedangkan pada betina terdapat 12 segmen. Antena ini tidak hanya berfungsi sebagai alat peraba tetapi juga penting dalam komunikasi kimia dan deteksi feromon (O'Neill, 2001).

2. Mulut

Morfologi mulut Hymenoptera sangat bervariasi, tergantung pada diet dan perilaku makan. Mandibula yang kuat digunakan untuk menggigit, memotong, atau membentuk sarang. Banyak spesies, seperti lebah, memiliki probosis atau "lidah" yang memungkinkan untuk mengisap nektar dari bunga, yang sangat penting untuk proses polinasi (Winston, 1991).

3. Sayap

Hymenoptera biasanya memiliki dua pasang sayap membran yang tipis, dengan sayap belakang yang lebih kecil dan terkunci dengan sayap depan melalui kait mikroskopis. Namun, ada variasi yang signifikan; beberapa spesies, seperti semut pekerja dan beberapa tawon betina, tidak memiliki sayap sama sekali. Ini menunjukkan adaptasi evolusioner yang menarik terhadap gaya hidup yang berbeda (Hölldobler & Wilson, 1990).

4. Ovipositor

Pada betina, ovipositor atau alat penelur telur sering kali sangat panjang dan dapat dimodifikasi untuk menusuk, menyayat, atau menyengat. Ini adalah ciri khas dari banyak parasitoid yang menggunakan ovipositor untuk meletakkan telur di dalam atau di atas inang (Godfray, 1994).

B. Metamorfosis Hymenoptera

Hymenoptera mengalami metamorfosis lengkap, yang meliputi tahap telur, larva, pupa, dan dewasa. Proses ini memungkinkan adaptasi yang kompleks pada setiap tahap kehidupan, dari larva yang rakus hingga dewasa yang sering kali memiliki peran ekologis yang sangat berbeda (Grissell, 2010).

1. Metamorfosis Lengkap dalam Hymenoptera

Hymenoptera, yang mencakup lebah, tawon, semut, dan serangga lainnya, adalah salah satu ordo serangga yang paling beragam dan penting secara ekologis serta mengalami metamorfosis lengkap, suatu proses yang memungkinkan untuk beradaptasi dengan berbagai lingkungan dan peran ekologis selama siklus hidup.

Tahap Telur: Tahap pertama adalah telur, yang biasanya diletakkan di tempat yang aman dan memberi makanan yang cukup untuk larva yang akan menetas. Telur Hymenoptera sering kali diletakkan di dalam atau dekat dengan sumber makanan yang akan dikonsumsi oleh larva (Grissell, 2010).

Tahap Larva: Larva Hymenoptera, yang sering kali tidak memiliki kaki atau mata yang berkembang, menghabiskan sebagian besar waktu untuk makan dan tumbuh. Tahap larva

adalah periode pertumbuhan yang cepat, di mana larva makan sejumlah besar makanan untuk menyimpan energi untuk tahap berikutnya (Grissell, 2010).

Tahap Pupa: Setelah mencapai ukuran maksimum, larva berubah menjadi pupa. Pada tahap ini, serangga tidak aktif dan mengalami reorganisasi internal yang ekstensif. Struktur dewasa berkembang dan serangga bersiap untuk tahap terakhir dari siklus hidupnya (Grissell, 2010).

Tahap Dewasa: Tahap terakhir adalah dewasa, di mana serangga muncul dari pupa dengan kemampuan untuk terbang, mencari makanan, dan bereproduksi. Pada tahap ini, serangga sering kali memiliki peran ekologis yang sangat berbeda dari tahap larva, seperti penyerbuk, predator, atau parasitoid (Grissell, 2010).

2. Pentingnya Metamorfosis bagi Hymenoptera

Metamorfosis lengkap memungkinkan Hymenoptera untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya di lingkungan. Sebagai larva, dapat mengonsumsi makanan yang berbeda dari yang dikonsumsi sebagai dewasa, sehingga mengurangi persaingan antar spesies. Sebagai dewasa, Hymenoptera sering kali memiliki peran penting dalam penyerbukan dan pengendalian hama, yang penting untuk pertanian dan ekosistem alami (Grissell, 2010).

Proses metamorfosis lengkap ini tidak hanya menunjukkan keajaiban adaptasi biologis tetapi juga pentingnya Hymenoptera dalam berbagai aspek kehidupan di Bumi. Dari polinasi hingga pengendalian hama, Hymenoptera memiliki peran yang tidak tergantikan dalam menjaga keseimbangan ekosistem kita.

C. Serangga Hymenoptera

1. Semut

a. Perilaku Semut

Semut dikenal dengan perilaku sosialnya yang tinggi. hidup dalam koloni yang terorganisir dengan baik dan memiliki kemampuan untuk berkomunikasi satu sama lain melalui feromon, sentuhan, dan suara. Semut melakukan berbagai aktivitas seperti mencari makan, membangun sarang, merawat larva, dan mempertahankan wilayah. Perilaku semut sangat bervariasi tergantung pada spesiesnya, tetapi kebanyakan semut memiliki pola perilaku yang mencakup istirahat, berpindah tempat, grooming, interaksi sosial, dan pertahanan (Hölldobler & Wilson, 1990).

b. Struktur Sosial Semut

Struktur sosial semut sangat kompleks dan terorganisir. Dalam koloni semut, terdapat hierarki yang jelas dengan ratu semut berada di puncak hierarki. Ratu bertanggung jawab atas reproduksi, sementara semut pekerja melakukan tugas-tugas seperti mencari makan, memelihara larva, dan membangun serta menjaga sarang. Semut pejantan memiliki peran utama dalam proses kawin. Struktur sosial ini memungkinkan koloni semut untuk bekerja secara efisien dan efektif (Hölldobler & Wilson, 1990).

c. Peranan Semut di Alam

Semut memiliki peranan penting dalam ekosistem. berperan sebagai penyebar benih, pembersih alam,

predator serangga merusak, penyubur tanah, dan polinator. Semut juga berkontribusi dalam peningkatan kualitas tanah dengan membuat terowongan yang meningkatkan aerasi dan drainase tanah. Selain itu, kehadiran semut dapat menjadi indikator kesehatan lingkungan. Dalam beberapa kasus, semut digunakan dalam pertanian sebagai agen kontrol hama alami (Folgarait, 1998).

2. Tawon

a. Perilaku Tawon

Tawon, sebagai anggota ordo Hymenoptera, memiliki berbagai perilaku yang menunjukkan adaptasi terhadap lingkungan dan peran ekologis. Sebagai predator, tawon memainkan peran penting dalam mengontrol populasi serangga lain, membantu menjaga keseimbangan ekosistem. Tawon secara aktif memburu serangga seperti ulat dan lalat yang dapat menjadi hama bagi tanaman. Tawon juga berkontribusi pada proses penyerbukan, meskipun tidak seefisien lebah, tetap membantu dalam transfer serbuk sari antar bunga (Hunt & Toth, 2017).

Perilaku agresif tawon sering kali terlihat ketika melindungi sarang dari gangguan. Sarang merupakan pusat kehidupan koloni dan perlindungan sarang adalah prioritas utama bagi tawon, dan menggunakan sengatan sebagai mekanisme pertahanan, baik untuk memburu mangsa maupun untuk mempertahankan sarang dari predator dan ancaman lainnya (Sumner et al., 2021).

b. Struktur Sosial Tawon

Tawon memiliki struktur sosial yang kompleks dengan ratu yang bertanggung jawab atas reproduksi, pekerja yang mengumpulkan makanan dan merawat larva, serta pejantan yang berperan dalam proses kawin. Koloni tawon dapat sangat terorganisir dan menunjukkan pembagian kerja yang jelas serta koordinasi dalam aktivitas sehari-hari (Hunt & Toth, 2017).

c. Peranan Tawon di Alam

Tawon berkontribusi secara signifikan terhadap kesehatan ekosistem dan tidak hanya mengendalikan populasi serangga hama tetapi juga mendukung proses penyerbukan. Selain itu, tawon membantu dalam aerasi tanah dan penguraian materi organik, yang penting untuk kesuburan tanah dan siklus nutrisi (Sumner et al., 2021).

3. Lebah Madu

a. Kehidupan Sosial dan Struktur Koloni

Lebah madu (*Apis mellifera*) adalah serangga eusosial yang hidup dalam koloni dengan struktur sosial yang kompleks dan terorganisir. Koloni lebah madu terdiri dari tiga kasta utama: ratu, pekerja, dan drone. Masing-masing kasta memiliki peran spesifik yang esensial untuk kelangsungan hidup dan fungsi koloni.

1) Ratu

Ratu adalah satu-satunya betina yang subur di dalam koloni. Tugas utamanya adalah bertelur untuk memastikan kelangsungan generasi berikutnya dari lebah koloni. Ratu lebah dapat bertelur hingga 2.000 telur per hari selama puncak musim bertelur. Selain

bertelur, ratu juga menghasilkan feromon yang membantu menjaga kohesi koloni dan mengatur perilaku lebah pekerja.

2) Pekerja

Pekerja adalah betina yang tidak subur dan menjalankan hampir semua tugas dalam koloni dan bertanggung jawab untuk mengumpulkan nektar dan serbuk sari, merawat larva dan ratu, membangun dan memelihara sarang, serta mempertahankan koloni dari ancaman. Pekerja mengalami polietisme, di mana tugas berubah seiring bertambahnya usia. Misalnya, lebah pekerja muda cenderung melakukan tugas-tugas di dalam sarang seperti merawat larva (*nurse bees*), sementara lebah pekerja yang lebih tua cenderung keluar untuk mencari makan (*foragers*) (Seeley, 1995).

3) Dron

Dron adalah lebah jantan yang tugas utamanya adalah kawin dengan ratu. tidak terlibat dalam pekerjaan koloni sehari-hari dan tidak memiliki alat untuk mengumpulkan nektar atau serbuk sari. Dron biasanya diusir dari sarang oleh pekerja ketika musim kawin berakhir dan sumber daya mulai menipis.

b. Jenis Lebah Madu dan Peranannya

1) *Apis mellifera*

A.mellifera adalah spesies lebah madu yang sangat dikenal dan banyak dibudidayakan di seluruh dunia serta memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai lingkungan dan iklim

(Gambar 1). Lebah madu ini memiliki warna tubuh yang bervariasi, mulai dari coklat hingga kuning keemasan dan memiliki sayap transparan dan tiga pasang kaki yang kuat untuk mengumpulkan nektar dan serbuk sari dari bunga.



*Gambar 6.1. Apis mellifera
(Sumber: Koleksi pribadi)*

Selain memproduksi madu dan lilin lebah, *A. mellifera* berperan penting dalam penyerbukan tanaman pertanian dan tanaman liar. Penyerbukan ini meningkatkan hasil panen dan keanekaragaman hayati. Lebah madu membantu memastikan reproduksi tanaman dengan mengangkut serbuk sari dari bunga betina ke bunga jantan. Tanaman yang mengandalkan penyerbukan oleh lebah madu termasuk buah-buahan seperti apel, stroberi, dan ceri, serta sayuran seperti mentimun dan tomat (Delaplane & Mayer, 2000).

2) *Apis cerana*

A. cerana dikenal sebagai lebah madu timur, lebah madu Asia, atau lebah madu Asia. Spesies ini adalah saudari dari *Apis koschevnikovi* dan keduanya termasuk dalam subgenus yang sama dengan lebah madu barat (Eropa), yaitu *A. mellifera*. Koloni *A. cerana* dikenal membangun sarang yang terdiri dari beberapa sisir di dalam rongga, dengan pintu masuk kecil, mungkin untuk pertahanan terhadap invasi dari individu sarang lain. Diet lebah madu ini terutama terdiri dari serbuk sari dan nektar, atau madu.

A. cerana memiliki karakteristik fisik yang mirip dengan *A. mellifera*. Lebah dewasa *A. cerana* memiliki rambut bercabang (plumose) pada tubuhnya untuk membantu mengumpulkan serbuk sari. Pekerja (betina non-reproduktif) memiliki corbiculum (keranjang serbuk sari) di kaki belakang untuk mengangkut serbuk sari. Warna tubuhnya adalah kuning dan hitam. Garis-garis abdomen (tomenta) pada *A. cerana* lebih jelas dibandingkan dengan *A. mellifera*, dan pekerja *A. cerana* memiliki empat garis abdomen, sedangkan pekerja *A. mellifera* hanya memiliki tiga garis abdomen.

A. cerana berperan penting dalam penyerbukan tanaman tropis dan subtropis, selain itu membantu memastikan reproduksi tanaman dengan mengangkut serbuk sari dari bunga betina ke bunga jantan. Lebah ini juga berkontribusi pada keanekaragaman hayati lokal di wilayah Asia. Selain

itu, *A. cerana* memiliki peran penting dalam budaya dan ekonomi masyarakat Asia (Oldroyd & Wongsiri, 2006).

3) *Apis Dorsata*

Apis dorsata, atau lebih dikenal sebagai lebah madu raksasa, memang memiliki peran yang sangat penting dalam ekosistem. *A. dorsata* merupakan salah satu spesies lebah madu terbesar. Tubuhnya lebih besar daripada *A. mellifera*. Lebah ini cenderung membuat sarang yang tergantung di tempat tinggi, seperti pada cabang pohon atau tebing. *A. dorsata* banyak ditemukan di hutan-hutan tropis Asia Tenggara. Lebah ini adalah penyerbuk utama di hutan-hutan tersebut dan membantu memindahkan serbuk sari dari satu bunga ke bunga lainnya, yang mendukung reproduksi tanaman. Aktivitas penyerbukan oleh *A. dorsata* berkontribusi pada regenerasi hutan dengan memastikan penyerbukan tanaman yang beragam. Selain itu, lebah ini juga berperan dalam produksi madu liar yang sering dipanen oleh penduduk lokal. Madu ini memiliki nilai ekonomi dan nutrisi yang penting (Hepburn & Radloff, 2011).

4) *Apis florea*

Apis florea atau lebih dikenal sebagai lebah madu kerdil, memang memiliki peran yang sangat penting dalam ekosistem, yang ditemukan di Asia Selatan dan Tenggara. *A. florea* membangun sarang tunggal yang terbuka, biasanya pada cabang pohon atau semak. Sarang *A. florea* ditemukan pada ketinggian yang

bervariasi dan lebih banyak ditemukan pada ketinggian 0–2 meter. Sarang-sarang semacam ini memberikan habitat yang sesuai untuk keberhasilan dan kelangsungan hidup spesies lebah madu kerdil ini (Ramyarani & Nagaraja, 2024) . Meskipun ukuran sarangnya kecil, *A. florea* memproduksi madu yang dapat dikumpulkan dan dikonsumsi di beberapa wilayah seperti Thailand dan Kamboja.

Lebah ini berperan sebagai penyerbuk baik untuk tanaman liar maupun tanaman budidaya. Meskipun madunya tidak dipanen secara luas, *A. florea* tetap memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem lokal (Ruttner, 1988).

5) Lebah Tanpa Sengat

Lebah tanpa sengat (Apidae: Meliponini) adalah pengunjung umum pada tanaman berbunga di daerah tropis. Namun, bukti tentang pentingnya dan efektivitas sebagai penyerbuk tanaman budidaya masih kurang untuk sebagian besar spesies tanaman. Lebah tanpa sengat diketahui mengunjungi bunga sekitar 90 spesies tanaman budidaya. terbukti efektif dan penting sebagai penyerbuk pada 9 spesies tanaman. Selain itu, mungkin juga berkontribusi pada penyerbukan sekitar 60 spesies lainnya, tetapi informasi yang cukup belum memadai untuk menentukan efektivitas dan pentingnya secara keseluruhan. Beberapa faktor biologi yang memengaruhi potensi lebah tanpa sengat sebagai penyerbuk tanaman budidaya meliputi perilaku kunjungan bunga koloni, konsistensi bunga individu,

jangkauan terbang, dan pentingnya vegetasi alami untuk mempertahankan populasi lokal (Heard, 1999).

4. Parasitoid

Parasitoid merupakan salah satu peranan dari serangga anggota Hymenoptera dan termasuk organisme yang menghabiskan sebagian besar riwayat hidupnya dengan bergantung pada satu organisme inang tunggal. Pada akhirnya, parasitoid membunuh inangnya (dan sering mengambil makanan) dalam proses ini. Parasitoid mirip dengan parasit, tetapi ada perbedaan penting: parasitoid selalu menyebabkan kematian inang sebagai bagian dari siklus hidupnya (Godfray, 1994).

Parasitoid umumnya memiliki siklus hidup yang dimulai dengan peletakan telur pada atau di dalam inang. Setelah telur menetas, larva parasitoid akan memakan jaringan inang secara perlahan dari dalam, menghindari organ vital hingga tahap akhir perkembangan untuk memastikan inang tetap hidup selama mungkin. Akhirnya, larva akan membunuh inang dan bermetamorfosis menjadi dewasa (Herlina, 2012).

Parasitoid memainkan peran kritis dalam ekosistem sebagai agen pengendalian alami populasi serangga dan membantu menjaga keseimbangan ekosistem dengan mengurangi populasi hama potensial. Dalam pertanian, parasitoid sering digunakan dalam program pengendalian hayati sebagai alternatif yang ramah lingkungan terhadap pestisida kimia.

- a. **Famili-Famili Parasitoid Utama dalam Hymenoptera**
Beberapa famili utama dalam Hymenoptera yang memiliki anggota parasitoid adalah:

1) Ichneumonidae

Famili ini merupakan salah satu yang terbesar dalam ordo Hymenoptera, dengan ribuan spesies yang tersebar di seluruh dunia. Banyak spesies Ichneumonidae yang meletakkan telurnya di dalam atau pada tubuh larva serangga lain, seperti ulat dan kumbang. Famili ini penting dalam mengendalikan populasi serangga hama di berbagai ekosistem, termasuk pertanian.

2) Braconidae

Famili ini juga sangat besar dan bervariasi, dengan anggota yang ditemukan di seluruh dunia. Braconidae biasanya menyerang larva lepidoptera (kupu-kupu dan ngengat), coleoptera (kumbang), dan serangga lainnya dan berperan dalam pengendalian hayati hama pertanian dan sering digunakan dalam program pengendalian hama biologis.

3) Chalcididae

Chalcididae adalah famili parasitoid yang lebih kecil tetapi sangat beragam, sering menyerang telur dan larva serangga lain, termasuk banyak hama tanaman. Chalcididae juga penting dalam pengendalian hayati dan menjaga keseimbangan ekosistem dengan mengontrol populasi serangga.

b. Tipe-Tipe Parasitoid Berdasarkan Fase Kehidupan Inang

1) Parasitoid Telur

Parasitoid telur menyerang dan meletakkan telurnya di dalam atau pada telur inang. Contoh:

Trichogrammatidae (genus *Trichogramma*): Menyerang telur berbagai jenis serangga seperti lepidoptera (kupu-kupu dan ngengat). Scelionidae (genus *Telenomus*): Menyerang telur serangga seperti kepik.

2) Parasitoid Larva

Parasitoid larva menyerang larva inang (Gambar 6.2). Contoh: Braconidae (genus *Microplitis*): Menyerang larva lepidoptera. Ichneumonidae (genus *Ichneumon*): Menyerang larva serangga lainnya.



Gambar 6.2. Parasitoid Larva

Sumber : <https://phys.org/news/2011-11-parasitoid-larvae-caterpillars-affect-behaviour.html>

3) Parasitoid Pupa

Parasitoid pupa menyerang kepompong atau pupa inang. Contoh: Pteromalidae (genus *Pteromalus*): Menyerang pupa lalat rumah. Chalcididae (genus *Brachymeria*): Menyerang pupa lepidoptera dan diptera.

4) Parasitoid Dewasa

Parasitoid dewasa menyerang serangga dewasa. Ini kurang umum dibandingkan tipe lainnya. Contoh: Eucharitidae: Menyerang semut dewasa. Tachinidae: Meskipun umumnya menyerang larva, beberapa spesies juga menyerang serangga dewasa.

5. Pemakan Tanaman

Lalat gergaji adalah serangga dalam subordo Symphyta dari ordo Hymenoptera yang memiliki penampilan ovipositornya mirip dengan gergaji yang digunakan betina untuk memotong tanaman saat meletakkan telur. Larva lalat gergaji adalah herbivora dan memakan berbagai bagian tanaman, termasuk daun, batang, dan kadang-kadang akar, serta sering terlihat seperti ulat dan dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada tanaman inang. Lalat gergaji dapat ditemukan di berbagai habitat, terutama di daerah dengan banyak vegetasi untuk menemukan tanaman inang untuk makan dan berkembang biak.

Lalat gergaji memainkan peran penting dalam ekosistem sebagai bagian dari rantai makanan, tetapi juga bisa menjadi hama yang merugikan di pertanian dan kehutanan. Kerusakan yang disebabkan oleh larva lalat gergaji pada tanaman inang dapat menyebabkan defoliasi dan melemahnya tanaman, yang dapat mengurangi hasil panen atau menyebabkan kematian tanaman dalam kasus yang parah.

a. Contoh Lalat Gergaji:

1) Tenthredinidae

Keluarga Tenthredinidae adalah salah satu keluarga lalat gergaji terbesar. Larvanya sering

memakan daun berbagai tanaman berkayu dan herba. Berbagai spesies tanaman, termasuk pohon buah-buahan, tanaman hortikultura, dan tanaman liar.

2) Diprionidae

Keluarga Diprionidae mencakup lalat gergaji pinus, yang larvanya khusus memakan jarum pinus. Pinus dan konifer lainnya.

3) Cimbicidae

Keluarga Cimbicidae memiliki anggota yang larvanya memakan daun tanaman seperti willow dan poplar. Tanaman berkayu seperti willow dan poplar.

b. Pengendalian Lalat Gergaji

Pengendalian lalat gergaji sering melibatkan metode biologis, kimia, dan budaya. Penggunaan parasitoid dan predator alami untuk mengendalikan populasi lalat gergaji adalah salah satu pendekatan biologis yang efektif. Pestisida kimia dapat digunakan, tetapi harus diterapkan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada lingkungan dan organisme non-target (Pedigo & Rice, 2009).

BAB VII

LEPIDOPTERA

A. Pendahuluan

Lepidoptera, sebuah ordo taksonomi dalam kelas Insecta, mencakup kelompok serangga yang beragam yang biasa dikenal sebagai kupu-kupu dan ngengat. Dengan sekitar 180.000 spesies yang telah dideskripsikan di seluruh dunia, Lepidoptera menampilkan berbagai keanekaragaman morfologi, adaptasi ekologis, dan sifat perilaku yang menakjubkan. Lepidoptera, sebuah taksonomi dalam kelas Insecta, mencakup kelompok serangga yang beragam yang umumnya dikenal sebagai kupu-kupu dan ngengat. Dengan sekitar 180.000 spesies yang telah dideskripsikan di seluruh dunia, Lepidoptera menampilkan berbagai keanekaragaman morfologi, adaptasi ekologis, dan perilaku (Kristensen, 1999).

Lepidoptera, ordo serangga yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, menampilkan keanekaragaman spesies yang luar biasa, masing-masing dengan ciri morfologi dan adaptasi ekologi yang unik. Klasifikasi Lepidoptera melibatkan pengorganisasian taksa-taksa yang beragam ini ke dalam kelompok hierarkis berdasarkan hubungan evolusi bersama dan ciri morfologi yang sama. Pada tingkat taksonomi tertinggi, Lepidoptera termasuk dalam ordo Lepidoptera, yang ditandai oleh beberapa fitur kunci, termasuk sayap yang tertutupi sisik, bagian mulut yang disesuaikan untuk mengisap, dan metamorfosis lengkap (Kristensen, 1999).

Klasifikasi Lepidoptera berfungsi sebagai kerangka dasar untuk mengorganisir dan memahami hubungan evolusi dan keanekaragaman kupu-kupu dan ngengat. Dengan mengkategorikan spesies secara sistematis ke dalam kelompok taksonomi berdasarkan karakteristik yang sama, ilmuwan dapat mengungkap pola spesiasi, biogeografi, dan interaksi ekologi dalam ordo ini (Öckinger et al., 2010).

Selain itu, sistem klasifikasi yang akurat memudahkan komunikasi antara peneliti, konservasionis, dan pembuat kebijakan, memungkinkan strategi pengelolaan yang efektif untuk konservasi dan perlindungan keanekaragaman Lepidoptera. Memahami hubungan evolusi dan peran ekologis dari taksa yang berbeda penting untuk menerapkan tindakan konservasi yang ditargetkan dan mengurangi ancaman terhadap populasi Lepidoptera (Bonebrake et al., 2010).

Taksonomi Lepidoptera terstruktur secara hierarkis, mencakup berbagai tingkat klasifikasi mulai dari ordo hingga

tingkat spesies. Pada tingkat tertinggi, Lepidoptera dibagi menjadi dua subordo:

1. **Rhopalocera (Kupu-kupu):** Subordo ini mencakup kupu-kupu, yang ditandai dengan perilaku diurnal, warna sayap yang cerah, dan antena yang ramping. Kupu-kupu dikelompokkan lebih lanjut ke dalam superfamili seperti Papilionoidea dan Hesperioidea, masing-masing terdiri dari famili dan genus dengan ciri morfologi dan adaptasi ekologi yang berbeda (Regier et al., 2009)
2. **Heterocera (Ngengat):** Ngengat, yang termasuk dalam subordo Heterocera, biasanya bersifat nokturnal dan menunjukkan berbagai bentuk, warna, dan pola sayap yang lebih luas dibandingkan dengan kupu-kupu. Seperti kupu-kupu, ngengat juga dikelompokkan ke dalam berbagai superfamili, termasuk Noctuoidea, Geometroidea, dan Bombycoidea, berdasarkan kriteria taksonomi dan hubungan evolusioner (Scoble, 1992).

Dalam setiap subordo, terdapat beberapa superfamili dan famili, masing-masing ditandai dengan ciri morfologis dan hubungan evolusi yang spesifik. Unit taksonomi ini terus diperbaharui dan diperbarui melalui studi filogenetik molekuler dan analisis morfologi untuk mencerminkan sejarah evolusi dan keragaman genetik Lepidoptera (Mitter et al., 1993).

Dalam setiap subordo, Lepidoptera terdiri dari banyak superfamili, masing-masing ditandai oleh ciri morfologi spesifik dan sejarah evolusi:

1. **Papilionoidea (Kupu-kupu):** Superfamili ini mencakup sebagian besar famili kupu-kupu, seperti Nymphalidae, Pieridae, dan Lycaenidae. Kupu-kupu Papilionoidea dikenal karena warna sayap mereka yang indah, penerbangan yang anggun, dan adaptasi ekologi yang beragam, mulai dari mimikri hingga migrasi musiman (Kristensen, 1999).
2. **Noctuoidea (Ngengat):** Noctuoidea adalah salah satu superfamili ngengat terbesar, mencakup famili seperti Noctuidae, Erebidae, dan Arctiidae. Ngengat dalam superfamili ini menunjukkan perilaku yang beragam, termasuk makan nektar, tampilan kawin, dan strategi makan larva, berkontribusi pada keberhasilan ekologis dan diversifikasi evolusioner mereka (Mitter et al., 1993).

B. Famili Utama Lepidoptera

1. Nymphalidae (Kupu-kupu Sepatu Sikat)

Nymphalidae adalah salah satu famili kupu-kupu terbesar dan paling beragam, terdiri dari spesies dengan berbagai warna, pola, dan ukuran. Anggota famili ini ditandai oleh kaki depan yang berkurang, memberi mereka penampilan hanya memiliki empat kaki yang fungsional, karena itu nama umumnya "kupu-kupu sepatu sikat." Nymphalidae mencakup genus yang terkenal seperti Vanessa, Danaus, dan Morpho, dengan perwakilan ditemukan di berbagai habitat di seluruh dunia (Wahlberg et al., 2009).

2. Noctuidae (Ngengat Owlet)

Noctuidae adalah salah satu famili ngengat terbesar, dikenal dengan tubuh yang kokoh dan sayap berwarna

kusam. Ngengat owlet sebagian besar nokturnal dan menunjukkan kebiasaan makan yang beragam, termasuk herbivora, memakan bangkai, dan predasi. Famili ini termasuk hama penting secara ekonomi seperti ulat tanah dan ulat tentara, serta spesies dengan warna kriptik yang membantu dalam kamuflase (Lafontaine & Schmidt, 2010).

3. Pieridae (Kupu-kupu Putih dan Kuning)

Pieridae adalah famili kupu-kupu yang ditandai oleh sayap yang dominan berwarna putih atau kuning dengan tanda hitam. Anggota famili ini umumnya ditemukan di habitat terbuka seperti ladang, padang rumput, dan taman. Pieridae mencakup genus yang terkenal seperti *Pieris*, *Colias*, dan *Gonepteryx*, dengan larva seringkali memakan tumbuhan dari keluarga sawi-sawian (*Brassicaceae*) (Nylin et al., 2018).

4. Geometridae (Ngengat Geometri)

Geometridae terdiri dari ngengat yang umumnya dikenal sebagai "ngengat geometri" atau "ulat inchworm" karena gerakan melingkar khas ulatnya. Ngengat ini menunjukkan berbagai bentuk dan pola sayap, sering menyerupai cabang atau daun, memberikan kamuflase terhadap predator. Larva Geometridae adalah herbivora, memakan berbagai macam tanaman, dan memainkan peran penting dalam mengatur populasi tanaman di berbagai ekosistem (Day et al., 2003).

5. Saturniidae (Ngengat Sutra Raksasa)

Saturniidae adalah famili ngengat yang dikenal dengan ukuran besar, warna yang cerah, dan pola sayap yang rumit. Ngengat sutra raksasa sebagian besar nokturnal dan menunjukkan perilaku kawin yang rumit untuk menarik pasangan. Larva Saturniidae menghasilkan kokon sutra, yang dipanen secara komersial untuk produksi sutra dalam

beberapa spesies. Famili ini mencakup genus ikonis seperti *Saturnia*, *Antheraea*, dan *Actias*, dengan spesies tersebar di daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia (Lee et al., 2019).

C. Pentingnya Lepidoptera dalam Ekosistem

Lepidoptera, ordo yang terdiri dari kupu-kupu dan ngengat, memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan dan fungsi ekosistem di seluruh dunia. Dengan interaksi ekologis yang beragam dan kontribusi yang signifikan terhadap berbagai layanan ekosistem, spesies Lepidoptera merupakan komponen integral dari ekosistem daratan (Kremen et al., 2007).

1. Penyerbukan

Salah satu peran paling penting Lepidoptera dalam ekosistem adalah penyerbukan. Kupu-kupu dan ngengat mengunjungi bunga untuk makan nektar, secara tidak sengaja mentransfer serbuk sari antara bunga saat mereka berpindah dari satu bunga ke bunga lainnya. Proses ini memfasilitasi pembuahan tanaman, menyebabkan produksi buah dan biji. Banyak tanaman berbunga, termasuk spesies liar dan tanaman budidaya, bergantung pada Lepidoptera dan penyerbuk lainnya untuk reproduksi dan keanekaragaman genetik (Kremen et al., 2007).

2. Herbivora

Meskipun beberapa spesies Lepidoptera bertindak sebagai penyerbuk, yang lain berperan sebagai herbivora, mengonsumsi materi tanaman sebagai larva (ulat). Meskipun aktivitas makan mereka dapat menyebabkan kerusakan pada

tanaman individu, Lepidoptera herbivora memainkan peran penting dalam membentuk komunitas tanaman dan menjaga keanekaragaman hayati. Mereka mengatur populasi tanaman, mengendalikan pertumbuhan spesies dominan, dan menciptakan mikrohabitat bagi organisme lain melalui perilaku makan mereka (Kremen et al., 2007).

3. Sumber Makanan

Larva dan dewasa Lepidoptera merupakan sumber makanan penting bagi berbagai predator, termasuk burung, kelelawar, reptil, amfibi, dan serangga lainnya. Kupu-kupu dan ngengat adalah bagian integral dari jaring-jaring makanan, berperan sebagai mangsa bagi predator umum dan spesialis. Kelimpahan dan distribusi mereka memengaruhi dinamika populasi dan perilaku spesies predator, sehingga berkontribusi pada stabilitas dan ketahanan ekosistem (Conner et al., 2016).

4. Spesies Indikator

Kehadiran, kelimpahan, dan keragaman Lepidoptera dapat berfungsi sebagai indikator kesehatan ekosistem dan kualitas lingkungan. Perubahan dalam populasi Lepidoptera dapat mencerminkan pergeseran kondisi habitat, praktik penggunaan lahan, pola iklim, atau keberadaan polutan. Pemantauan populasi Lepidoptera dapat memberikan wawasan berharga tentang tren ekologi yang lebih luas dan membantu mengarahkan upaya konservasi yang bertujuan untuk menjaga keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem (Bonebrake et al., 2010).

Secara keseluruhan, spesies Lepidoptera memainkan peran yang beragam dalam ekosistem, berkontribusi pada penyerbukan, herbivora, interaksi trofik, dan pemantauan

ekologis. Memahami dan melestarikan serangga ini sangat penting untuk menjaga integritas dan ketahanan ekosistem dalam menghadapi perubahan lingkungan.

D. Anatomi dan Siklus Hidup

1. Morfologi Kupu-Kupu dan Ulat

Morfologi kupu-kupu dan ulat menunjukkan adaptasi luar biasa yang berkontribusi pada keberhasilan ekologis dan keanekaragaman evolusioner mereka. Memahami struktur anatomi dari serangga-serangga ini memberikan wawasan tentang perilaku, ekologi, dan interaksi mereka dengan lingkungan (Kristensen, 1999).

a. Kupu-kupu

Kupu-kupu, tahap dewasa dari Lepidoptera, memiliki fitur khas yang membedakan mereka dari serangga lain:

- 1) **Kepala:** Kepala kupu-kupu menyimpan organ sensorik penting, termasuk mata majemuk, antena, dan probosis. Mata majemuk memungkinkan kupu-kupu mendeteksi cahaya, bentuk, dan warna, membantu dalam navigasi dan pemilihan pasangan. Antena berfungsi sebagai reseptor olfaktori, mendeteksi sinyal kimia seperti feromon dan aroma bunga. Probosis, struktur berbentuk tabung yang tergulung, berfungsi sebagai bagian mulut mengisap untuk memakan nektar dari bunga.
- 2) **Thorax:** Thorax kupu-kupu mengandung otot penerbangan yang kuat yang bertanggung jawab atas gerakan sayap dan stabilisasi selama

terbang. Melekat pada thorax adalah sayap, yang dilapisi sisik yang memberi kupu-kupu warna dan pola yang mencolok. Sayap juga memiliki pola pembuluh darah yang rumit yang memberikan dukungan struktural dan efisiensi aerodinamis.

- 3) **Abdomen:** Abdomen kupu-kupu mengandung organ-organ penting seperti sistem pencernaan, organ reproduksi, dan struktur pernapasan. Juga menyimpan cadangan lemak untuk penyimpanan energi selama penerbangan yang lama atau periode tidak aktif.
- 4) **Sayap:** Kupu-kupu memiliki dua pasang sayap besar berbahan membran yang dilapisi sisik, yang memberi mereka warna dan pola yang mencolok. Sayap-sayap ini memungkinkan kupu-kupu untuk terbang dengan lincah, memungkinkan mereka menjelajahi berbagai habitat dan menemukan sumber makanan.
- 5) **Antena:** Sebagian besar kupu-kupu memiliki antena yang panjang dan ramping yang memainkan peran penting dalam mendeteksi sinyal lingkungan seperti feromon, aliran udara, dan objek yang berdekatan. Antena membantu dalam navigasi, pemilihan pasangan, dan menemukan tanaman inang yang cocok untuk bertelur.
- 6) **Probosis:** Kupu-kupu memiliki probosis, struktur tabung panjang yang tergulung, yang berfungsi sebagai bagian mulut menghisap.

Probosis digunakan untuk mengisap nektar dari bunga, memberikan kupu-kupu dengan nutrisi penting dan energi untuk terbang dan reproduksi (Kristensen, 1999).

b. Ulat

Ulat, tahap larva dari kupu-kupu, menunjukkan adaptasi morfologi yang sesuai dengan gaya hidup herbivor mereka:

- 1) **Segmentasi Tubuh:** Ulat memiliki tubuh yang tersegmentasi terdiri dari tiga bagian utama: kepala, thorax, dan abdomen. Setiap segmen memiliki apendages khusus seperti kaki, prokaki, dan spirakel, memudahkan gerakan dan pakan.
- 2) **Prokaki:** Ulat memiliki beberapa pasang apendages berbentuk daging, pendek yang disebut prokaki, yang terletak di segmen-segmen abdomen mereka. Prokaki membantu dalam menahan permukaan tanaman dan membantu dalam pergerakan, memungkinkan ulat untuk menavigasi lingkungan mereka dan mengakses sumber daya makanan.
- 3) **Mandibel:** Ulat dilengkapi dengan mandibel yang kuat yang disesuaikan untuk mengunyah materi tanaman. Mandibel ini memungkinkan ulat untuk mengonsumsi daun, batang, dan bagian tanaman lainnya, mendukung pertumbuhan dan perkembangan mereka yang cepat.

- 4) **Spirakel:** Spirakel adalah lubang kecil di samping tubuh ulat yang berfungsi sebagai struktur pernapasan, memungkinkan oksigen masuk dan karbon dioksida keluar dari sistem trakea serangga (Scoble, 1992).

2. Siklus Hidup Kupu-Kupu dan Ulat

Siklus hidup kupu-kupu dan ulat, yang dikenal sebagai metamorfosis, adalah proses yang menarik yang ditandai dengan tahapan perkembangan yang berbeda, masing-masing dengan adaptasi morfologis dan perilaku yang unik. Memahami siklus hidup serangga ini memberikan wawasan tentang ekologi, reproduksi, dan interaksi mereka dengan lingkungan (Kristensen, 1999).

- a. **Tahap Telur:** Siklus hidup dimulai ketika seekor betina kupu-kupu meletakkan telur di tanaman inang yang sesuai. Setiap spesies kupu-kupu memiliki preferensi khusus untuk tanaman inang, tempat telur diletakkan. Telur biasanya kecil, berbentuk oval, dan diletakkan sendiri atau dalam kelompok tergantung pada spesiesnya (Kristensen, 1999).
- b. **Tahap Ulat:** Setelah menetas dari telur, larva, atau ulat, muncul. Ulat adalah pemakan yang rakus, mengonsumsi materi tanaman untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangannya. Mereka mengalami beberapa kali pergantian kulit, melepaskan eksoskeleton untuk menyesuaikan ukuran yang semakin besar. Ulat menunjukkan berbagai adaptasi morfologis untuk makan dan perlindungan, termasuk bagian mulut yang khusus, rambut tubuh, dan pola kamuflase (Scoble, 1992).

- c. **Tahap Pupa:** Setelah mencapai ukuran tertentu, ulat masuk ke tahap pupa, atau kepompong. Selama fase ini, terjadi restrukturisasi internal dramatis saat ulat berubah menjadi kupu-kupu. Pupa sering kali dikelilingi oleh kokon pelindung atau struktur sutra, memberikan insulasi dan pertahanan terhadap predator. Di dalam pupa, tubuh serangga mengalami perubahan yang luar biasa, termasuk perkembangan sayap, antena, dan organ reproduksi (Scoble, 1992).
- d. **Tahap Kupu-kupu Dewasa:** Akhirnya, kupu-kupu dewasa muncul dari pupa, menyelesaikan proses metamorfosis. Kupu-kupu yang baru muncul menjalani periode perluasan dan pengeringan sayap sebelum terbang. Kupu-kupu dewasa dilengkapi dengan bagian mulut yang khusus untuk mengisap nektar, memungkinkan mereka untuk mendapatkan nutrisi penting untuk kelangsungan hidup dan reproduksi. Mereka melakukan perilaku seperti kawin, bertelur, dan migrasi, berkontribusi pada kelangsungan spesies mereka (Kristensen, 1999).

Sepanjang siklus hidup mereka, kupu-kupu dan ulat memainkan peran penting dalam dinamika ekosistem sebagai penyerbuk, herbivor, dan mangsa bagi organisme lain. Memahami kerumitan siklus hidup mereka penting untuk upaya konservasi dan pelestarian keanekaragaman hayati di habitat alami.

3. Perilaku Umum Lepidoptera

Lepidoptera, ordo serangga yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, menunjukkan beragam perilaku yang memainkan peran fundamental dalam kelangsungan hidup,

reproduksi, dan interaksi dengan lingkungannya. Memahami perilaku umum Lepidoptera memberikan wawasan berharga tentang ekologi, evolusi, dan konservasi mereka (Kristensen, 1999).

a. Perilaku Makan

Salah satu perilaku paling penting yang ditunjukkan oleh Lepidoptera adalah makan. Kupu-kupu dewasa utamanya memakan nektar dari bunga, menggunakan bagian mulut khusus mereka untuk mengekstrak cairan manis. Sebaliknya, ulat menunjukkan kebiasaan makan yang rakus, mengonsumsi materi tanaman untuk mempercepat pertumbuhan dan perkembangan mereka (Scoble, 1992).

b. Persetubuhan dan Reproduksi

Perilaku perkawinan pada Lepidoptera seringkali rumit dan spesifik untuk setiap spesies. Jantan kupu-kupu terlibat dalam ritual kawin yang rumit untuk menarik perhatian betina, menggunakan isyarat visual dan penciuman untuk menemukan pasangan potensial. Begitu perkawinan terjadi, betina meletakkan telur di tanaman inang yang sesuai, memastikan kelangsungan hidup generasi berikutnya (Kristensen, 1999).

c. Probosis

Salah satu adaptasi paling khas dari Lepidoptera adalah probosis, bagian mulut yang panjang dan berliku yang diadaptasi untuk menghisap nektar dari bunga. Struktur khusus ini memungkinkan kupu-kupu dan ngengat untuk mengakses cairan yang kaya nutrisi, memfasilitasi peran mereka sebagai penyerbuk (Kristensen, 1999).

d. Migrasi

Migrasi adalah perilaku luar biasa yang diamati pada beberapa spesies Lepidoptera. Kupu-kupu, khususnya, melakukan migrasi jarak jauh, seringkali melintasi ribuan kilometer, untuk mencapai lokasi berkembang biak dan tempat berdiam musim dingin yang nyaman. Pergerakan massal ini memainkan peran penting dalam menjaga keanekaragaman genetik dan dinamika populasi (Scoble, 1992).

e. Diapausa

Sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti suhu dingin atau kekeringan, beberapa spesies Lepidoptera memasuki keadaan diapausa—periode perkembangan yang ditangguhkan atau dormansi. Diapausa memungkinkan mereka bertahan hidup dalam kondisi keras dan menyinkronkan siklus hidup mereka dengan musim yang menguntungkan untuk reproduksi (Kristensen, 1999).

f. Kamufase dan Mekanisme Pertahanan

Banyak spesies Lepidoptera menggunakan kamufase dan mekanisme pertahanan untuk menghindari predator dan memastikan kelangsungan hidup mereka. Pewarnaan kriptik dan mimikri adalah strategi umum yang digunakan oleh ulat dan kupu-kupu dewasa untuk menyamar dengan lingkungan sekitarnya dan menghindari deteksi. Beberapa spesies juga memiliki senyawa beracun atau tidak enak, memberi peringatan kepada predator tentang ketidaklayakan mereka (Kristensen, 1999).

g. Perilaku Sosial

Meskipun Lepidoptera pada umumnya adalah serangga soliter, beberapa spesies menunjukkan perilaku sosial, terutama selama perkawinan dan migrasi. Ansambel kupu-kupu dapat diamati selama migrasi, memberikan kesempatan bagi individu untuk kawin dan pertukaran materi genetik. Namun, interaksi sosial biasanya terbatas pada tahap hidup atau konteks tertentu (Scoble, 1992).

E. Keanekaragaman Lepidoptera

1. Spesies Terkenal dari Lepidoptera

Lepidoptera, ordo serangga yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, meliputi banyak spesies yang sangat diakui dan dihargai karena keindahan, pentingnya secara ekologis, dan signifikansi budaya. Mulai dari kupu-kupu monark yang ikonik hingga ngengat Atlas yang sulit ditemukan, beberapa spesies telah mendapatkan ketenaran dan pengakuan karena karakteristik unik mereka dan peran dalam alam.

a. Kupu-Kupu Monark (*Danaus plexippus*)

Salah satu spesies Lepidoptera yang paling terkenal dan ikonik adalah kupu-kupu monark. Dikenal dengan pola sayap oranye dan hitam yang khas, monark terkenal karena migrasinya yang luar biasa di Amerika Utara, menyeberangi ribuan kilometer dari tempat berkembang biak di Kanada dan Amerika Serikat ke tempat-tempat berwintering di Meksiko.

b. Kupu-Kupu Swallowtail (*Papilionidae*)

Kupu-kupu swallowtail adalah kelompok Lepidoptera terkenal lainnya, ditandai dengan warna mencolok dan penerbangan yang anggun. Spesies seperti kupu-kupu swallowtail harimau timur (*Papilio glaucus*) dan swallowtail hitam (*Papilio polyxenes*) disenangi oleh para penggemar dan sering ditemukan di taman dan habitat alami di seluruh daerahnya.

c. Ngengat Atlas (*Attacus atlas*)

Ngengat Atlas adalah salah satu spesies ngengat terbesar dan paling spektakuler di dunia. Dengan rentang sayap yang bisa melebihi 25 sentimeter, ngengat Atlas terkenal karena ukurannya yang mengesankan dan pola sayap yang rumit. Ditemukan di daerah tropis dan subtropis Asia, ngengat Atlas dikagumi oleh kolektor dan entomologis.

d. Ngengat Luna (*Actias luna*)

Ngengat Luna dihormati karena keindahan yang gaib dan penampilan yang lembut. Dengan sayap hijau toska dan ekor panjang yang menjuntai, ngengat Luna adalah simbol elegansi malam. Ditemukan di Amerika Utara, ngengat Luna sering dikaitkan dengan malam yang disinari bulan dan dipuja karena kehadirannya yang memikat.

e. Konservasi dan Signifikansi Budaya

Spesies terkenal dari Lepidoptera ini tidak hanya memikat imajinasi kita tetapi juga memainkan peran ekologis penting sebagai penyerbuk, herbivor, dan indikator kesehatan lingkungan. Upaya konservasi yang bertujuan untuk melindungi habitat dan populasi mereka

sangat penting untuk mempertahankan keindahan mereka dan memastikan keberlanjutan keberadaan mereka untuk generasi mendatang (Kristensen, 1999).

2. Distribusi dan Habitat Lepidoptera

Lepidoptera, ordo serangga yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, memiliki penyebaran yang luas di berbagai habitat di seluruh dunia. Memahami pola penyebaran dan preferensi habitat Lepidoptera penting untuk upaya konservasi dan pembahasan ekologi (Kristensen, 1999).

a. Penyebaran Global

Lepidoptera dapat ditemukan di setiap benua kecuali Antartika, menunjukkan adaptabilitas mereka terhadap berbagai kondisi lingkungan. Dari hutan hujan tropis hingga gurun kering, Lepidoptera menghuni beragam ekosistem darat, menampilkan keanekaragaman yang luar biasa dan fleksibilitas ekologi mereka (Kristensen, 1999).

b. Preferensi Habitat

Dalam penyebaran global mereka, spesies Lepidoptera menunjukkan preferensi habitat tertentu yang ditentukan oleh faktor seperti iklim, tipe vegetasi, dan ketinggian. Beberapa spesies sangat spesialis, mengandalkan tanaman inang spesifik atau mikrohabitat untuk bertahan hidup, sementara yang lain adalah generalis yang mampu memanfaatkan berbagai habitat (Kristensen, 1999).

c. Hutan Hujan Tropis

Hutan hujan tropis termasuk habitat paling biodivers di Bumi dan mendukung kumpulan spesies Lepidoptera yang kaya. Vegetasi yang rapat dan kelembaban tinggi

hutan hujan memberikan kondisi ideal bagi Lepidoptera, dengan banyak spesies yang beradaptasi untuk hidup di kanopi, understory, dan lantai hutan (Kristensen, 1999).

d. Wilayah Beriklim Sedang

Di wilayah beriklim sedang, spesies Lepidoptera banyak ditemukan di berbagai habitat seperti padang rumput, hutan, dan lanskap pertanian. Banyak kupu-kupu dan ngengat di wilayah ini melakukan migrasi musiman atau diapause untuk bertahan hidup di musim dingin yang keras, sementara yang lain berhibernasi sebagai telur, ulat, atau kepompong (Kristensen, 1999).

e. Lingkungan Arktik dan Alpine

Bahkan di lingkungan ekstrim seperti Arktik dan daerah alpine, spesies Lepidoptera dapat ditemukan. Serangga tangguh ini telah beradaptasi dengan kondisi keras suhu dingin dan musim tumbuh pendek, dengan beberapa spesies menyelesaikan siklus hidup mereka dalam beberapa minggu selama periode musim panas yang singkat (Kristensen, 1999).

f. Implikasi Konservasi

Memahami penyebaran dan persyaratan habitat Lepidoptera penting untuk perencanaan dan manajemen konservasi yang efektif. Ancaman seperti hilangnya habitat, perubahan iklim, dan penggunaan pestisida dapat memengaruhi populasi Lepidoptera dan ekosistem yang terkait dengan mereka, menegaskan pentingnya menjaga habitat yang beragam dan meminimalkan gangguan antropogenik (Kristensen, 1999).

F. Sistem Pertahanan Lepidoptera

1. Pemangsa Alami dan Strategi Pertahanan Lepidoptera

Lepidoptera, yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, telah berevolusi dengan berbagai strategi pertahanan untuk menghadapi tekanan predasi dari berbagai pemangsa alami. Memahami interaksi ini memberikan wawasan tentang dinamika rumit hubungan predator-mangsa dan perlombaan evolusi antara Lepidoptera dan pemangsa mereka (Kristensen, 1999).

Pemangsa Alami Lepidoptera:

- a. **Burung:** Burung merupakan pemangsa penting bagi Lepidoptera, memangsa baik kupu-kupu dewasa maupun ulat ngengat. Penglihatan tajam, keluwesan, dan strategi mencari makan yang beragam membuat mereka pemburu yang tangguh di berbagai habitat (Scoble, 1992).
- b. **Labah-labah:** Labah-labah, seperti pembuat jaring laba-laba dan laba-laba kaki-penjepit, sering menangkap Lepidoptera di jaringnya atau menyerang secara diam-diam di tanaman. Perangkap sutra dan taktik berburu diam-diam mereka menjadi ancaman konstan bagi kupu-kupu dan ngengat yang tidak curiga (Scoble, 1992).
- c. **Pemangsa Serangga:** Pemangsa serangga, termasuk kumbang predator, semut, dan belalang sembah, aktif memburu telur, ulat, dan dewasa Lepidoptera. Teknik berburu mereka yang beragam dan selera makan

yang besar berkontribusi pada regulasi populasi Lepidoptera di berbagai ekosistem (Scoble, 1992).

Strategi Pertahanan Lepidoptera

- a. **Pewarnaan Kriptik:** Banyak spesies Lepidoptera menampilkan pewarnaan kriptik, menyamar di lingkungannya untuk menghindari deteksi oleh pemangsa. Meniru warna daun, kulit pohon, atau objek lain membantu mereka tetap tidak terlihat dan menghindari predasi (Scoble, 1992).
- b. **Kekacauan:** Beberapa spesies Lepidoptera menyimpan senyawa toksik dari tanaman inang mereka, membuat mereka tidak enak atau bahkan beracun bagi pemangsa. Warna peringatan cerah atau pola mencolok menandakan keberacunan mereka, menjauhkan pemangsa dari mengonsumsinya (Scoble, 1992).
- c. **Refleks Kaget:** Ketika terancam, beberapa spesies Lepidoptera menampilkan refleks kaget, seperti tiba-tiba menampilkan warna cerah atau melakukan gerakan cepat. Tindakan tiba-tiba ini membuat pemangsa terkejut, memberi kesempatan kepada Lepidoptera untuk melarikan diri (Kristensen, 1999).

2. Strategi Pertahanan Lepidoptera

Lepidoptera, ordo serangga yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, telah mengembangkan berbagai strategi pertahanan yang kompleks untuk melindungi diri dari predasi dan ancaman lingkungan. Sistem pertahanan Lepidoptera memiliki kontribusi yang signifikan terhadap dinamika ekosistem dan interaksi predator-mangsa. Dengan melindungi diri dari predasi, Lepidoptera memainkan peran

penting dalam menjaga keseimbangan populasi dan keberlanjutan komunitas ekologis tempat mereka hidup (Scoble, 1992; Kristensen, 1999)

Strategi ini mencakup adaptasi morfologis, fisiologis, dan perilaku yang membantu mereka bertahan hidup di alam liar (Kristensen, 1999).

a. Adaptasi Morfologis

1) **Pola dan Warna Sayap:** Banyak spesies Lepidoptera memiliki pola dan warna sayap yang beraneka ragam, termasuk pewarnaan kriptik untuk menyamar di lingkungan mereka atau pola peringatan yang mencolok untuk menunjukkan keberacunan. Pola ini membantu mereka menghindari predator dan membingungkan serangan.

2) **Spines dan Rambut:** Beberapa ulat dan ngengat dilengkapi dengan spines atau rambut yang tajam atau berbulu untuk melindungi diri dari serangan predator. Struktur ini juga dapat berfungsi sebagai penghalang fisik terhadap predator yang mencoba menyerang mereka.

b. Adaptasi Fisiologis

1) **Kelenjar Sekret:** Beberapa spesies Lepidoptera memiliki kelenjar yang menghasilkan zat kimia beracun atau pahit yang dilepaskan sebagai respons terhadap ancaman predator. Zat ini dapat membuat predator merasa tidak nyaman atau bahkan membuat mereka sakit jika tertelan.

2) **Aposematisme:** Beberapa spesies Lepidoptera memiliki pola warna cerah yang menunjukkan

keberacunan mereka kepada predator potensial. Dengan cara ini, mereka memberi peringatan kepada predator untuk tidak mencoba memangsa mereka.

c. Adaptasi Perilaku

- 1) **Mimikri:** Beberapa spesies Lepidoptera meniru bentuk, pola, atau perilaku spesies lain yang memiliki perlindungan dari predator. Ini termasuk mimikri bunga, daun, atau serangga yang beracun, yang membuat predator menghindari mereka .
- 2) **Refleksif Tambahan:** Beberapa spesies Lepidoptera memiliki refleksif tambahan, seperti berkedip atau terbang mundur secara tiba-tiba ketika terancam. Perilaku ini dapat membingungkan predator atau memberi waktu bagi serangga untuk melarikan diri.

G. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Populasi Lepidoptera

Populasi Lepidoptera, yang terdiri dari kupu-kupu dan ngengat, dipengaruhi oleh berbagai faktor yang mencakup kondisi lingkungan, interaksi antarspesies, dan aktivitas manusia. Memahami faktor-faktor ini penting untuk menjaga keberlangsungan populasi Lepidoptera dan ekosistem tempat mereka hidup (Kristensen, 1999).

1. Faktor Lingkungan

- a. **Perubahan Iklim:** Variabilitas iklim, termasuk perubahan suhu dan pola curah hujan, dapat

memengaruhi siklus hidup dan perilaku reproduksi Lepidoptera. Perubahan iklim yang ekstrem dapat menyebabkan perubahan dalam distribusi geografis dan keberlangsungan spesies Lepidoptera (Kristensen, 1999).

- b. **Kehilangan Habitat:** Penggundulan hutan, perubahan penggunaan lahan, dan urbanisasi mengakibatkan hilangnya habitat alami untuk Lepidoptera. Kehilangan habitat ini mengurangi ketersediaan tempat berkembang biak, sumber makanan, dan tempat persembunyian, yang semuanya berkontribusi pada penurunan populasi Lepidoptera (Scoble, 1992).

2. Interaksi Antar Spesies

- a. **Persaingan:** Persaingan antara spesies Lepidoptera untuk sumber daya seperti makanan, tempat bertelur, atau tanaman inang dapat mempengaruhi keberlangsungan populasi. Persaingan ini dapat menyebabkan penurunan jumlah individu dan redistribusi populasi Lepidoptera (Kristensen, 1999).
- b. **Predasi:** Pemangsa alami seperti burung, labah-labah, dan serangga predator memainkan peran penting dalam mengontrol populasi Lepidoptera. Tingkat predasi yang tinggi dapat mengurangi kelangsungan hidup individu dan menghasilkan fluktuasi populasi yang signifikan (Scoble, 1992).

3. Aktivitas Manusia

- a. **Pestisida:** Penggunaan pestisida dalam pertanian dan pengendalian hama dapat memiliki dampak yang

merugikan bagi populasi Lepidoptera. Pestisida dapat membunuh secara langsung atau tidak langsung kupu-kupu dan ulat, serta merusak habitat dan sumber daya makanan mereka (Kristensen, 1999).

- b. **Perubahan Lingkungan:** Aktivitas manusia seperti pembangunan infrastruktur, polusi udara, dan pencairan lahan dapat mengubah habitat alami Lepidoptera secara signifikan. Perubahan ini dapat menyebabkan fragmentasi habitat, isolasi populasi, dan penurunan keberagaman genetik, mengancam keberlangsungan spesies (Scoble, 1992).

4. Implikasi Konservasi

Pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi populasi Lepidoptera penting untuk merancang strategi konservasi yang efektif. Upaya untuk mempertahankan habitat alami, mengurangi penggunaan pestisida, dan mengelola penggunaan lahan dapat membantu menjaga keberlangsungan populasi Lepidoptera dan ekosistem tempat mereka hidup (Kristensen, 1999).

H. Kepentingan Ekologi dan Konservasi Lepidoptera

Kepentingan ekologis dan konservasi Lepidoptera, yang mencakup kupu-kupu dan ngengat, memainkan peran sentral dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan memelihara keanekaragaman hayati. Pemahaman akan peran mereka dalam ekosistem dan ancaman yang mereka hadapi penting

untuk mengambil langkah-langkah konservasi yang efektif (Kristensen, 1999).

1. **Kepentingan Ekologis**

- a. **Penyerbuk:** Kupu-kupu dan ngengat sering bertindak sebagai penyerbuk, membantu dalam penyerbukan tanaman yang diperlukan untuk reproduksi tanaman. Penyerbukan oleh Lepidoptera penting untuk produksi buah dan biji, serta untuk menjaga keberagaman genetik dalam populasi tumbuhan (Scoble, 1992).
- b. **Pakan untuk Pemangsa:** Sebagai mangsa bagi berbagai pemangsa, termasuk burung, serangga predator, dan labah-labah, Lepidoptera berperan dalam menyediakan sumber makanan untuk predator lain dalam rantai makanan. Peran ini membantu mengatur populasi Lepidoptera dan menjaga keseimbangan ekosistem (Kristensen, 1999).

2. **Kepentingan Konservasi**

- a. **Pelestarian Keanekaragaman Hayati:** Lepidoptera adalah bagian penting dari keanekaragaman hayati global. Melindungi dan memelihara spesies Lepidoptera memastikan keberlanjutan ekosistem dan keanekaragaman hayati yang kaya di berbagai habitat (Scoble, 1992).
- b. **Indikator Kesehatan Lingkungan:** Kondisi populasi Lepidoptera dapat memberikan petunjuk tentang kesehatan lingkungan tempat mereka hidup. Penurunan jumlah atau keragaman spesies Lepidoptera dapat menunjukkan gangguan dalam

ekosistem, seperti perubahan iklim, hilangnya habitat, atau polusi lingkungan (Kristensen, 1999).

3. Tindakan Konservasi

- a. **Pemeliharaan Habitat:** Upaya untuk memelihara dan memulihkan habitat alami Lepidoptera, termasuk konservasi hutan, lahan basah, padang rumput, dan padang gurun, penting untuk menjaga keberlangsungan spesies dan ekosistem tempat mereka hidup (Scoble, 1992).
- b. **Pengendalian Penggunaan Pesticida:** Pengurangan penggunaan pestisida yang merugikan bagi Lepidoptera dan habitat mereka merupakan langkah kunci dalam upaya konservasi. Mengadopsi praktik pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan membantu menjaga populasi Lepidoptera yang sehat (Kristensen, 1999).

4. Pentingnya Kesadaran dan Pendidikan

Pendidikan masyarakat tentang pentingnya Lepidoptera dalam ekosistem dan ancaman yang mereka hadapi adalah langkah penting dalam upaya konservasi. Melalui kesadaran dan edukasi, kita dapat menginspirasi tindakan konservasi yang lebih luas dan berkelanjutan untuk melindungi Lepidoptera dan keanekaragaman hayati lainnya (Scoble, 1992).

DAFTAR PUSTAKA

- Admin Museum Bumi, 2022. Anatomi Serangga. Paleontological Research Institute. 1259 Trumansburg Rd. Ithaca, New York 14850 <https://www.museumoftheearth.org/six-legged-science/insect-anatomy>
- Akbar, A., Budiaman, A. H. M. A. D., & Haneda, N. F. (2019). Dampak Penjarangan Hutan Tanaman Terhadap Komunitas Serangga di KPH Sukabumi. *Jurnal Media Konservasi*, 24(1), 52-59.
- Albatsi IS, SS Maesyaroh dan A Tauhid. 2018. Pengaruh jarak tanam dan varietas terhadap keragaman serangga serta hasil pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *JAGROS* 2(2): 99-118.
- Antonelli, A dan I. Sanmartin. 2011. Why Are There So Many Plant Species In The Neotropics. *Taxon* 60(2): 403-414
- Ayu, L. A., Nasirudin, M., & Wardhani, Y. (2020). KEANEKARAGAMAN SERANGGA DI PERKEBUNAN KOPI EXCELSA DESA PANGLUNGAN KABUPATEN JOMBANG JAWA TIMUR. *AGROSAINTIFIKA*, 3(1), 163-168.
- Azir, A., Helmi, H., dan Rangga, B. K. H. (2017). Produksi dan Kandungan Nutrisi Maggot (*Chrysomya Megacephala*) Menggunakan Komposisi Media Kultur Berbeda. *Jurnal Ilmuilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 12(1).
- Beers Elizabeth H dan Geraldine Warner, 1993. Insect Growth and Development. Washington University State Tree Friut. Comprehensive Tree Fruit Site.

<https://treefruit.wsu.edu/crop-protection/opm/insect-growth-and-development/>

- Belles X (2019) The innovation of the final moult and the origin of insect metamorphosis *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 374:20180415. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0415>
- Belles X (2020) *Insect Metamorphosis. From Natural History to Regulation of Development and Evolution* Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-04530-8>
- Bonebrake, T.C., Ponisio, L.C., Boggs, C.L., Ehrlich, P.R. (2010). More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation*, 143(8), 1831–1841. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>
- Borror Donald J, Charles A. Triple horn, and , Norman F. Johnson, 2004. *An Introduction to the Study of Insects*. 7th Edition. Cengage Learning, Boston.
- Castillo Paula, Nathan Le and Qian Sun, 2021. Comparative Antennal Morphometry and Sensilla Organization in the Reproductive and Non-Reproductive Castes of the Formosan Subterranean Termite. *Journal Insects*, 12, 576: 1-18. <https://doi.org/10.3390/insects12070576>. Publishers MDPI.
- Conner, W.E., Eisner, T., Vander Meer, R.K., Guerrero, A., Meinwald, J. (2016). Alarm Pheromones of the Tiger Moth (Arctiidae). *Journal of Chemical Ecology*, 9(2), 281–285. <https://doi.org/10.1007/BF00988331>

- Day, R.W., Quinn, G.P. & Williams, E.R. (2003). *Geometrid Moths of the World: A Catalogue (Lepidoptera, Geometridae)*. CSIRO Publishing.
- Delaplane, K. S., & Mayer, D. F. (2000). *Crop Pollination by Bees*. CABI Publishing.
- Diantoro, D., & Syakir, S. (2021). KEHIDUPAN SERANGGA SEBAGAI SUMBER INSPIRASI PENCIPTAAN SENI PAPER CUT. *Eduarts: Jurnal Pendidikan Seni*, 10(2), 76-86.
- Elzinga, R.J, 1978. *Fundamentals of Entomology*. Prentice Hall of India, Private Limited: New Delhi.
- Erawati, Nety VKahono, D. S. (2015). Keanekaragaman dan Kelimpahan Belalang dan Kerabatnya (Orthoptera) pada Dua Ekosistem Pegunungan di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(2), 100. <https://doi.org/10.5994/jei.7.2.100>
- Fauzi, R. U. A., & Eka, R. N. S. (2018). Analisis Usaha Budidaya Maggot sebagai Alternatif Pakan
- Ferro, Michael L. 2011. "Insect Biology". Center for Invasive Species and Ecosystem Health at the University of
- Firdaus, L. 2017. *Ekologi Berbasis Kearifan Lokal*. Penerbit duta pustaka ilmu.
- Folgarait, P. J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, 7(9), 1221-1244.
- Foottit, Robert G., and Peter H. Adler. (2018). *Insect Biodiversity Science and Society Volume II*. OXFORD UK: Bell & Bain Ltd, Glasgow.
- Gardner, F. P., R.B. Pearce, dan R. L. Mitchell. diterjemahkan oleh Susilo, H dan. *Subiyanto.1991*. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerbit Universitas Indonesia.

- Georgia. https://wiki.bugwood.org/Insect_Biology
- Gibbs, G. W. (1980). *New Zealand butterflies identification and natural history*. Auckland, New Zealand: Collins.time.
- Gilbert, N. (June 1984). "Control of Fecundity in *Pieris rapae*: I. The Problem". *Journal of Animal Ecology*. 53 (2): 581–588. Bibcode:1984JAnEc.53..581G. doi:10.2307/4536. JS TOR 4536.
- Gillott Cedric, 2005. *Entomology Third Edition*. University of Saskatchewan Saskatoon, Saskatchewan, Canada. Publisher by Springer. Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands.
- Godfray, H. C. J. (1994). *Parasitoids: Behavioral and evolutionary ecology*. Princeton University Press.
- Grissell, E. (2010). *Bees, wasps, and ants: The indispensable role of Hymenoptera in gardens*. Timber Press.
- Gullan, P. ., & Cranston, P. . (2014). *The Importance, Diversity And Conservation Of Insects* (Vol. 5). Jhon Willey and Sons.
- Hadi, Nurachmad dan Sumadiyo.(1992). Anemon Laut (Coelenterata, Actiniaria), Manfaat dan Bahayanya. *Oseana*. 17(4). 0216-1877.
- Hamama, Syarifah Farissi dan Irma Sasmita. (2017). Keanekaragaman Serangga Permukaan Tanah di Sekitar Perkebunan Desa Cot Kareung Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar. *Jesbio*.6(1). 2302-1705.
- Hartoni dan Agussalim. (2013). Komposisi dan Kelimpahan Moluska (Gastropoda dan Bivalvia).
- Headley Debby, 2019. The 13 Forms of Insect Antennae Use these important clues for identifying insects. *Animal and Nature*. New York. <https://www.thoughtco.com/insect-antennae-and-their-forms-1968065>

- Heard, T. A. (1999). The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*, 44(1), 183-206. DOI: 10.1146/annurev.ento.44.1.183
- Herlina, L. (2012). Potensi Parasitoid Hymenoptera Pembawa PDV Sebagai Agens Biokontrol Hama. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(4), 129-141.
- Hepburn, H. R., & Radloff, S. E. (2011). *Honeybees of Asia*. Springer Science & Business Media.
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Howe, William H. (1975). *The Butterflies of North America*. Garden City, N.Y.: Doubleday. ISBN 978-0-385-04926-9
- Jumar, 2000. *Entomologi Pertanian*. PT Rineka Cipta. Jakarta. 237 hal.
- Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A.-M., Regetz, J., Ricketts, T.H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299–314. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Kristensen, N.P. (1999). The non-Glossatan Moths. *Chrysotoxum*, 138, 127–132. <https://doi.org/10.1006/chrs.1999.0340>
- Lafontaine, J.D., & Schmidt, B.C. (2010). *Annotated Check List of the Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of North America North of Mexico*. *ZooKeys*, 40, 1–239. <https://doi.org/10.3897/zookeys.40.414>

- Lee, J.J., Lee, Y.S., Kwon, O. et al. (2019). Comparative Analysis of the Silk Gland Transcriptomes between the Domestic Silkmoth (*Bombyx mori*) and the Wild Silkmoth (*Antheraea yamamai*). *Sci Rep* 9, 11560. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48115-6>
- Lumowa, S. V. T., & Purwati, S. (2022). *Entomologi*. Media Nusa Creative (MNC Publishing)
- Mahfuzah, Z., Sayuthi, M., & Hasnah. (2023). Biodiversitas Serangga Herbivora pada Beberapa Varietas Padi di Ekosistem Persawahan. *Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(2), 523–541.
- Maksum, T. S., Tomia, A., & Nurfadillah, A. R. (2024). ENTOMOLOGI & PENGENDALIAN VEKTOR PENYAKIT. *Penerbit Tahta Media*.
- Malika, S., & Lintang, H. S. (2012). *Makanan dan Minuman yang ditabukan Sedunia*. CERDAS INTERAKTIF.
- Marshall, S. A. (2023). *Hymenoptera: The Natural History and Diversity of Wasps, Bees, and Ants*. Firefly Books.
- Martiansyah, I. (2021, November). Mini Review: Pendekatan molekuler DNA barcoding: Studi kasus identifikasi dan analisis filogenetik *Syzygium* (Myrtaceae). In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 7, No. 1, pp. 187-195).
- Mitter, C., Davis, D.R., Cummings, M.P. (1993). Phylogeny and Evolution of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 38, 353–373. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.002033>
- Mulyadi, A., & Dede, M. (2020). Perdagangan burung di Kota Bandung (antara ekonomi, keanekaragaman hayati, dan konservasi). *Jurnal Geografi Gea*, 20(2), 105-112.

- Murdani. Identifikasi Serangga. Program Studi S1 Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Tidar 2021.
- Nayomi, M. (2022). *Keanekaragaman Serangga Aerial Pada Agroforestri Kopi Sederhana dan Kompleks Desa Srimulyo Kecamatan Dampit Kabupaten Malang* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Nylin, S., Slove, J., Janz, N. (2018). Host plant utilization, host range oscillations and diversification in nymphalid butterflies: a phylogenetic investigation. *Evolution*, 62(5), 793–810. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00379.x>
- Öckinger, E., Schweiger, O., Crist, T.O., Debinski, D.M., Krauss, J., Kuussaari, M., Petersen, J.D., Pöyry, J., Settele, J., Summerville, K.S., Bommarco, R. (2010). Life-history traits predict species responses to habitat area and isolation: a cross-continental synthesis. *Ecology Letters*, 13(8), 969–979. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01488.x>
- Oldroyd, B. P., & Wongsiri, S. (2006). *Asian Honey Bees: Biology, Conservation, and Human Interactions*. Harvard University Press.
- O'Neill, K. M. (2001). *Solitary wasps: Behavior and natural history*. Cornell University Press.
- Packard, A. . (1899). *Entomology for Beginners*. New York Henry Holt and Company (Vol. 3). Retrieved from <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
<http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
<http://dx.doi.org/10>

- .1016/j.powtec.2016.12.055%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006
- Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (2009). *Entomology and Pest Management*. Pearson Prentice Hall.
- Permana, A. D., & Putra, ramadhani E. (2014). Serangga dan Manusia. *Serangga Dan Manusia*, 1–53.
- Prasetyo, A. E., Rozziansha, T. A. P., Pradana, M. G., & Susanto, A. A. (2019). Keanekaragaman Serangga Pada Ekosistem Kelapa Sawit Terpapar Insektisida Dalam Jangka Panjang. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(3), 177–186. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v27i3.87>
- Pratama, Z. 2013 Ordo Orthoptera (belalang) Entmologi. (6 Januari 2014).
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., & Kaplan, I. (2011). *Insect Ecology*. *Insect Ecology*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511975387>
- Pudjiastuti, E.L. (2005). *Mengenal Kerabat Kepik*. Jakarta: LIPI.
- Putra, I. P. (2020). Fungiculture : Sistem Pertanian Fungi oleh Serangga. *Simbiosis*, 9(1), 77. <https://doi.org/10.33373/sim-bio.v9i1.2468>
- Quicke, D. L. J. (1997). *Parasitic Wasps*. Chapman & Hall
- Rahayu, E., Rizal, S., & Marmaini, M. (2021). Karakteristik Morfologi Serangga Yang Berpotensi Sebagai Hama Pada Perkebunan Kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Desa Tirta Kencana Kecamatan Makarti Jaya Kabupaten Banyuasin. *Indobiosains*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.31851/indobiosains.v3i2.6208>
- Rahayuningsih, Y., 1984. Morfologi Mulut Dan Saluran Pencernaan Serangga Pemakan Tumbuhan Dan

- Pemangsa. Indonesian Institute of Sciences. OCLC 999322355
- Ramyarani, S. K., & Nagaraja, N. (2024). Nesting behavior of the red dwarf honeybee, *Apis florea* Fabricius (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 55(27).
- Regier, J.C., Mitter, C., Zwick, A., Bazinet, A.L., Cummings, M.P., Kawahara, A.Y., Sohn, J.-C., Zwickl, D.J., Cho, S., Davis, D.R., Baixeras, J., Brown, J., Parr, C., Weller, S., Lees, D.C., Mitter, K.T. (2009). A Large-Scale, Higher-Level, Molecular Phylogenetic Study of the Insect Order Lepidoptera (Moths and Butterflies). *PLoS ONE*, 3(12), e5857. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005857>
- Renner, S. S. (1993). Pollination Ecology - A Practical Approach. *Nordic Journal of Botany*. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1993.tb00094.x>
- Ristiyanto, Triwibowo, Tri Baskoro, Elsa, H., ..., Widiarti. (2021). *Artropoda Penular Penyakit Nyamuk sebagai Vektor Penyakit*. UGM PRESS.
- Robinson, W. H. (2005). *Urban Insects and Arachnids: A Handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press.
- Ruttner, F. (1988). *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer Science & Business Media.
- Rübe W. and F. Flöte, 2009. Osteoradionekrose der Mandibula. Edition: View all formats and editions. German. <https://search.worldcat.org/title/1190021562>
- Rusyana. 2011. "Zoologi Invertebrata". Bandung: Alfabeta
- Yahya, H. (2003). Keajaiban Flora dan Fauna. *Jakarta: Global Media Cipta Publishing*.

- Sartiami*, D. dan Mound, L.A. 2013. Identification of the Terebrantian. Thrips (Insecta, Thysanoptera) Associated with Cultivated plant in. Java, Indonesia.
- Sebastian, C. 2017. Serangga tanah. <http://gambar-morfologi-serangga>. (10 Maret 2017).
- Scoble, M.J. (1992). The Lepidoptera: Form, Function and Diversity. *Journal of Natural History*, 26(4), 1006–1006. <https://doi.org/10.1080/00222939200770541>
- Scott, James A. (1986). The butterflies of North America: a natural history and field guide. Stanford, Calif.: Stanford University Press. ISBN 978-0-8047-1205-7.
- Schowalter, T. D. (2000). *Insect Ecology An Ecosystem Approach* (2nd ed.). Academic Press in an Imprint of Elsevier.
- Seeley, T. D. (1995). The Wisdom of the Hive: The Social Physiology of Honey Bee Colonies. Harvard University Press.
- Sesa, A., Yustian, I., & Negara, Z. P. (2014). Estimasi Populasi dan Habitat Tarsius Sumatera (*Tarsius bancanus bancanus*). *Jurnal Penelitian Sains*, 17(1).
- Siwi, S.S., P. Hidayat, Suputa. (2006). Taksonomi dan Bioteknologi Lalat Buah Penting di Indonesia Diptera: Tephritidae Cetakan Kedua Revisi Pertama. Bogor: Kerjasama Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetic Pertanian dengan Departemen of Agriculture, Fisheries And Forestry Australia..
- Suhara. 2009. Ordo Coleoptera (Famili Carabidae dan Cicindelidae). Paper. FMIPA. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia

- Sumner, S., Detoni, M., Feás, X., Jeanne, R. L., Loope, K. J., O'Donnell, S., Santoro, D., & Jandt, J. M. (2021). Evolutionary and Ecological Pressures Shaping Social Wasps Collective Defenses. *Annals of the Entomological Society of America*, 114(5), 581–5952
- Susanto, A., Supriyadi, Y., Tohidin, T., & Iqbal, M. (2018). Keragaman Serangga Hama pada Tanaman Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) di Sentra Budidaya Tanaman Agrodata Lembang Jawa Barat. *Agrikultura*, 29(1), 48. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v29i1.17869>
- Tijanuddarori, M. W., & Bahtiar, Y. (2021). *Biologi*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas KH. A. Wahab Hasbullah.
- Truman JWRiddiford LMKonopová BNouzova MNoriega FHerko M (2023) The embryonic role of juvenile hormone in the firebrat, *Thermobia domestica*, reveals its function before its involvement in metamorphosis eLife 12:RP92643. <https://doi.org/10.7554/eLife.92643>
- Wahlberg, N., Brower, A.V.Z., Nylin, S. (2009). Phylogenetic relationships and historical biogeography of tribes and genera in the subfamily Nymphalinae (Lepidoptera: Nymphalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 86(2), 227–251. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00558.x>
- Whitfield, J. (2003). *The Insects: An Outline of Entomology*. ResearchGate.
- Winston, M. L. (1991). *The biology of the honey bee*. Harvard University Press.
- Diah Prajana Mita (2015). Inventarisasi Ordo Orthoptera di Kawasan Taman Nasional Aalas Purwo. Banyuwangi Jawa Timur

- Wins. J. Albino, V. Jeyanthi Kumari, Jige Sandipan Babasaheb, K. Ramesh Kumar, Rahul Ratnakar Mahamuni, P. Sangeetha, 2022, Textbook of Entomology First Edition. AIB Saliha Publications, Tamil Nadu, India. 255p
- Yudhastuti, R., Susanna, D., & Sembiring, T. U. J. (2024). *Bagaimana Arthropoda sebagai Vektor penyakit di Masyarakat?*. Zifatama Jawara.
- Yulianti, Sindanita. 2017. "Keanekaragaman Dan Kelimpahan Coleoptera Di Pantai Sindangkerta Cipatujah Kabupaten Tasikmalaya". Skripsi(S1) Thesis FKIP Universitas Pasundan.