



# ENTOMOLOGI



Editor: Hairil Akbar

Siti Washliyah | Hasrah Junaidi | Sumiati Tomia  
Fachry Rumaf | Ni Luh Gede Sudaryati  
Kurnia Sri Febrilina | Zrimurti Mappau  
Eka Yunita Wulandari | Lisa Hidayati | Nissa Kusariana

BUNGA RAMPAI  
**ENTOMOLOGI**

## **UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta**

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

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).

# ENTOMOLOGI

Siti Washliyah  
Hasrah Junaidi  
Sumiati Tomia  
Fachry Rumaf  
Ni Luh Gede Sudaryati  
Kurnia Sri Febrilina  
Zrimurti Mappau  
Eka Yunita Wulandari  
Lisa Hidayati  
Nissa Kusariana

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA  
Melong Asih Regency B40 - Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
[www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

Anggota IKAPI  
No. 370/JBA/2020

# **ENTOMOLOGI**

Siti Washliyah  
Hasrah Junaidi  
Sumiati Tomia  
Fachry Rumaf  
Ni Luh Gede Sudaryati  
Kurnia Sri Febrilina  
Zrimurti Mappau  
Eka Yunita Wulandari  
Lisa Hidayati  
Nissa Kusariana

Editor:  
**Hairil Akbar**

Tata Letak:  
**Eleazar Mali P**

Desain Cover:  
**Jevon Ivander Pagappong**

Ukuran:  
**A5 Unesco: 15,5 x 23 cm**

Halaman:  
**vi, 189**

ISBN:  
**978-623-512-052-2**

Terbit Pada:  
**Juni 2024**

Hak Cipta 2024 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

*Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.*

**PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA**  
(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)  
Melong Asih Regency B40 - Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
[www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga buku kolaborasi dalam bentuk buku dapat dipublikasikan dan dapat sampai di hadapan pembaca. Buku ini disusun oleh sejumlah dosen dan praktisi sesuai dengan kepakarannya masing-masing. Buku ini diharapkan dapat hadir dan memberi kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan khususnya terkait dengan “Entomologi”, buku ini memberikan nuansa berbeda yang saling menyempurnakan dari setiap pembahasannya, bukan hanya dari segi konsep yang tertuang dengan detail, melainkan contoh yang sesuai dan mudah dipahami terkait Entomologi.

Sistematika buku ini dengan judul “Entomologi”, mengacu pada konsep dan pembahasan hal yang terkait. Buku ini terdiri atas 10 bab yang dijelaskan secara rinci dalam pembahasan antara lain mengenai Pengertian Entomologi dan Hubungannya dengan Ilmu Lainnya; Hubungan Serangga dengan Manusia, Parasit dan Predator; Struktur dan Fungsi Beberapa Sistem Penyusunan Tubuh Serangga; Sistem Sosial Serangga; Metamorfosis dan Diapause Serangga; Komunikasi Antar Serangga; Komunikasi antar Serangga; Klasifikasi Serangga; Beberapa Ordo Penting dalam Kelas Serangga; Cara Koleksi dan Pengawetan Serangga; serta Entomologi Forensik.

Buku ini memberikan nuansa yang berbeda dengan buku lainnya, karena membahas berbagai Entomologi sesuai dengan update keilmuan. Akhirnya kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah mendukung dalam proses

penyusunan dan penerbitan buku ini, secara khusus kepada Penerbit Media Sains Indonesia sebagai inisiator buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Bandung, Mei 2024

Editor

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i	
DAFTAR ISI.....	iii	
1	PENGERTIAN ENTOMOLOGI DAN HUBUNGANNYA DENGAN ILMU LAINNYA.....	1
	Pengertian Entomologi .....	1
	Keanekaragaman Hayati .....	3
	Peran Ekologis .....	3
	Dampak pada Pertanian .....	5
	Hubungan Entomologi dengan Ilmu Lainnya .....	6
	Ilmu Forensik .....	9
	Kedokteran .....	11
	Pertanian .....	13
	Mikrobiologi.....	14
2	HUBUNGAN SERANGGA DENGAN MANUSIA, PARASIT DAN PREDATOR .....	19
	Pendahuluan .....	19
	Pengenalan Serangga.....	19
	Peran Parasit Serangga.....	21
	Predasi oleh Serangga.....	23
	Interaksi Serangga dengan Manusia .....	25
	Perlindungan Serangga dan Keanekaragaman Hayati .....	29
3	STRUKTUR DAN FUNGSI BEBERAPA SISTEM PENYUSUN TUBUH SERANGGA.....	37
	Sistem Saraf .....	37
	Sistem Pencernaan .....	39



	Sistem Pernapasan .....	43
	Sistem Peredaran Darah .....	44
	Sistem Reproduksi.....	46
	Sistem Endokrin .....	48
	Pengaturan .....	50
4	SISTEM SOSIAL SERANGGA .....	53
	Latar Belakang .....	53
	Dinamika Populasi Seranagga.....	55
	Tipe Interaksi Antar Serangga.....	56
	Serangga Sosial .....	57
	Orientasi Serangga .....	60
	Pembawaan (Instincts) .....	61
	Kinesis.....	62
	Refleks .....	62
	Belajar (Learning).....	63
	Komunikasi .....	64
	Sarang (Pertahanan Serangga Sosial).....	66
5	METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA ....	71
	Pengantar Metamorfosis dan Diapause .....	71
	Metamorfosis pada Serangga .....	72
	Peran Metamorfosis dalam Siklus Hidup Serangga .....	77
	Diapause pada Serangga.....	80
	Faktor-Faktor yang mempengaruhi Diapause .....	81
	Jenis-Jenis Diapause pada Serangga.....	82
	Adaptasi Serangga terhadap Diapause.....	84
	Manfaat Diapause dalam Kehidupan Serangga....	86

	Penutup.....	88
6	KOMUNIKASI ANTAR SERANGGA.....	93
	Komunikasi antar Serangga.....	93
	Komunikasi Visual.....	94
	Komunikasi Suara .....	95
	Komunikasi Taktil.....	98
	Komunikasi Kimia .....	99
7	KLASIFIKASI SERANGGA .....	111
	Komponen Klasifikasi Arthropoda: .....	113
	Karakteristik Kelas Insecta (serangga).....	115
	Subkelas Apterygota .....	117
	Exopterygota (Hemimetabola).....	119
	Endopterygota (Holometabola) .....	121
	Cara Identifikasi Serangga .....	121
8	BEBERAPA ORDO PENTING DALAM KELAS SERANGGA .....	127
	Insekta.....	127
9	CARA KOLEKSI DAN PENGAWETAN SERANGGA.....	149
	Pendahuluan .....	149
	Pengumpulan (koleksi) serangga.....	149
	Alat dan cara koleksi serangga.....	150
	Cara Mematikan Serangga.....	158
	Pengawetan (Preservasi) serangga .....	159
	Pembuatan Slide Permanen .....	165
10	ENTOMOLOGI FORENSIK.....	169
	Sejarah Entomologi Forensik .....	169

Serangga Sebagai Indicator Forensik .....	171
Peran Serangga dalam Estimasi Waktu Kematian.....	177
Metode Pemeriksaan Serangga dalam Entomologi Forensik .....	182

# METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA

**Ni Luh Gede Sudaryati, S.Si., M.Si.**  
Universitas Hindu Indonesia

## **Pengantar Metamorfosis dan Diapause**

Metamorfosis dan diapause merupakan fenomena penting dalam siklus hidup serangga yang mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan adaptasi organisme tersebut terhadap lingkungan. Metamorfosis adalah proses perkembangan yang melibatkan perubahan bentuk fisik dan struktural serangga dari tahap ke tahap dalam satu siklus. Terdapat dua jenis utama metamorfosis pada serangga, yaitu metamorfosis sempurna dan tidak sempurna, yang masing-masing memiliki tahapan-tahapan khas seperti telur, larva, pupa, dan imago (dewasa) (Lauryn, 2020). Di sisi lain, diapause adalah fenomena fisiologis di mana serangga memasuki keadaan dormansi atau penundaan dalam pertumbuhan, perkembangan, dan aktivitas mereka sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Diapause terjadi pada berbagai tahap dalam siklus hidup serangga, termasuk embrio, larva, pupa, dan serangga dewasa, dan memungkinkan mereka untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Pemahaman tentang metamorfosis dan diapause pada serangga memiliki implikasi penting dalam berbagai

bidang, termasuk ekologi, biologi evolusi, dan pengelolaan hama. Sehingga, bab ini memberikan informasi detail terkait metamorfosis dan diapose pada serangga termasuk peran dan manfaatnya.

## **Metamorfosis pada Serangga**

Metamorfosis pada serangga adalah sebuah proses perkembangan yang sangat khas, di mana serangga mengalami perubahan bentuk dan struktur tubuhnya dari tahap satu ke tahap lainnya dalam siklus hidupnya. Proses ini melibatkan perubahan dari bentuk dan fungsi tubuh serangga yang seringkali terjadi seiring berjalannya waktu dan bergantung pada tahapan kehidupan tertentu. Metamorfosis pada serangga dibagi menjadi metamorfosis sempurna dan tidak sempurna (Lado & Rosanensi, 2020).

### **1. Metamorfosis sempurna (*holometabola*)**

Metamorfosis sempurna merupakan salah satu dari dua jenis utama metamorfosis pada serangga, yang melibatkan empat tahapan utama dalam siklus hidup serangga: telur, larva, pupa, dan imago (dewasa). Proses ini seringkali dianggap sebagai bentuk metamorfosis paling kompleks dan paling dramatis dalam dunia serangga, karena melibatkan perubahan yang sangat signifikan dalam bentuk dan fungsi tubuh serangga sepanjang satu siklus hidup yang diuraikan sebagai berikut.

- a. **Telur**, Telur dalam metamorfosis sempurna serangga adalah tahap pertama dalam siklus hidupnya. Telur berfungsi sebagai tempat di mana embrio berkembang sebelum menetas menjadi larva. Telur serangga memiliki berbagai karakteristik yang khas, seperti cangkang yang kuat atau lapisan pelindung lainnya untuk melindungi embrio dari kekeringan, cedera, dan

predasi. Komposisi cangkang telur, yang umumnya terbuat dari protein atau zat-zat mineral, memberikan perlindungan fisik. Beberapa telur serangga dilengkapi dengan struktur tambahan, seperti sarang atau lapisan penutup khusus, untuk mempertahankan kondisi lingkungan yang optimal. Nutrisi tambahan dalam telur, seperti protein atau lemak, dapat mendukung pertumbuhan awal embrio. Telur diproduksi melalui proses oviposisi oleh induk betina. Periode inkubasi telur, di mana embrio mengalami perkembangan awal, dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Telur serangga rentan terhadap ancaman predasi, penyakit, dan fluktuasi lingkungan, yang dapat memengaruhi tingkat kelangsungan hidup dan keberhasilan reproduksi spesies serangga.

- b. **Larva**, Tahap larva serangga merupakan fase intensif pertumbuhan yang mengikuti keluar dari telur. Larva umumnya memiliki tubuh lunak, panjang, dan silindris dengan rahang pengunyah kuat serta mungkin dilengkapi dengan bulu atau tanduk sebagai alat pertahanan atau untuk menangkap makanan. Pola makan larva bervariasi tergantung pada spesiesnya, dari pemakan tumbuhan hingga pemangsa serangga kecil atau vertebrata kecil. Pertumbuhan larva cepat, sering disertai dengan pergantian kulit untuk mengizinkan pertumbuhan lebih besar dan pengembangan struktur tubuh yang lebih kompleks. Tahap larva merupakan periode krusial dalam siklus hidup serangga, di mana serangga memainkan peran vital dalam pertumbuhan individu dan populasi secara keseluruhan. Meskipun penting, tahap ini rentan terhadap tekanan lingkungan dan predasi karena tubuh

yang lembut dan keterbatasan dalam melarikan diri, sehingga kelangsungan hidup larva dapat mempengaruhi kelangsungan hidup populasi serangga (Zulnawati et al., 2018)

- c. **Pupa**, tahap pupa merupakan masa transisi dari larva menuju dewasa (imago) pada serangga, yang ditandai oleh perubahan struktural dramatis dalam tubuh yang sedang berkembang. Serangga pada tahap pupa seringkali beristirahat dalam struktur pelindung seperti kepompong atau krisalis, di mana metamorfosis terjadi. Meskipun tidak aktif dan tidak memiliki anggota gerak yang terlihat, pupa memiliki struktur tubuh yang sudah terbentuk di dalamnya, yang dilindungi oleh kulit luar yang keras atau kepompong. Proses metamorfosis melibatkan diferensiasi seluler kompleks, di mana sel-sel berubah menjadi jenis-jenis yang berbeda untuk membentuk bagian-bagian tubuh yang baru. Durasi tahap pupa bervariasi tergantung pada spesies, suhu, dan kondisi lingkungan, dengan lingkungan yang stabil dan sesuai memungkinkan perkembangan yang optimal dan mengurangi risiko terhadap tekanan lingkungan dan predator.
- d. **Imago**, tahap imago ditandai dengan perkembangan struktural dan fungsional yang lengkap dari serangga, menjadi matang secara seksual dan siap untuk melakukan aktivitas reproduksi. Imago memiliki bentuk tubuh khas yang dapat dibedakan dari tahap-tahap sebelumnya dalam metamorfosis, dengan sayap yang berkembang sepenuhnya untuk terbang, mencari makanan, berkembang biak, dan mencari habitat yang sesuai. Warna dan pola yang mencolok pada imago dapat berperan dalam

komunikasi, penipuan visual, atau sebagai penanda spesies tertentu. Fungsi utama tahap imago adalah reproduksi, dengan perilaku khusus seperti ritual kawin, penarikan pasangan, atau penggunaan feromon untuk menarik lawan jenis. Setelah berkembang biak, imago bertanggung jawab untuk meletakkan telur, memulai siklus hidup baru untuk generasi berikutnya. Imago juga memainkan peran penting dalam ekosistem sebagai pemangsa, pemakan tumbuhan, penyerbuk, dan pengurai bahan organik. Meskipun memiliki kemampuan terbang dan bergerak lebih besar, imago tetap rentan terhadap ancaman seperti predasi, cuaca ekstrem, dan perubahan lingkungan (Rolf et al., 2019).

## 2. **Metamorfosis tidak sempurna (*hemimetabola*)**

Metamorfosis tidak sempurna, juga dikenal sebagai *hemimetabola*, adalah salah satu dari dua jenis utama metamorfosis pada serangga. Berbeda dengan metamorfosis sempurna yang melibatkan empat tahapan utama (telur, larva, pupa, dan imago), metamorfosis tidak sempurna hanya melibatkan tiga tahapan utama, yaitu telur, nimfa, dan imago (dewasa). Proses ini lebih sederhana dan kurang dramatis dibandingkan dengan metamorfosis sempurna, namun masih melibatkan perubahan yang signifikan dalam struktur dan perilaku serangga sepanjang siklus hidupnya. Metamorfosis tidak sempurna memiliki beberapa perbedaan kunci dengan metamorfosis sempurna. Salah satu perbedaan utama adalah dalam jumlah tahap yang terlibat. Sementara metamorfosis sempurna melibatkan empat tahap utama (telur, larva, pupa, dan imago), metamorfosis tidak sempurna hanya melibatkan tiga tahap utama (telur, nimfa, dan imago). Selain itu, perubahan



struktural yang terjadi selama metamorfosis tidak sempurna kurang dramatis daripada metamorfosis sempurna, dengan nimfa menyerupai imago dalam banyak hal, kecuali sayap yang berkembang sepenuhnya. Alur metamorfosis tidak sempurna diuraikan sebagai berikut.

- a. **Telur**, tahap pertama dalam metamorfosis tidak sempurna adalah telur. Seperti dalam metamorfosis sempurna, telur merupakan awal dari siklus hidup serangga. Telur serangga tidak memiliki perubahan struktural yang besar selama periode inkubasi. Umumnya memiliki cangkang luar yang keras atau lapisan pelindung lainnya untuk melindungi embrio yang berkembang di dalamnya. Selama periode ini, embrio serangga berkembang secara bertahap di dalam telur dan mempersiapkan diri untuk menetas menjadi nimfa.
- b. **Nimfa**, nimfa adalah tahap kedua dalam metamorfosis tidak sempurna, yang mengikuti keluar dari telur. Nimfa serangga seringkali menyerupai miniatur versi dari serangga dewasa (imago), namun tanpa sayap yang berkembang sepenuhnya. Mereka memiliki tubuh yang lunak dan tidak memiliki kemampuan untuk terbang. Nimfa biasanya menghabiskan sebagian besar waktunya untuk mencari makanan, tumbuh, dan mengalami pergantian kulit (*molt*) saat tumbuh. Peran utama nimfa dalam ekosistem adalah sebagai konsumen dan pemangsa. Mereka biasanya memiliki pola makan yang mirip dengan imago dewasa, dan berkontribusi pada rantai makanan di berbagai ekosistem. Selain itu, nimfa juga memainkan peran penting dalam distribusi dan keberhasilan populasi serangga dalam

ekosistem. Nimfa mengalami beberapa molting selama siklus hidup, di mana melepas kulit lama yang sempit dan menggantinya dengan yang baru. Pergantian kulit ini memungkinkan nimfa untuk tumbuh lebih besar dan mengembangkan struktur tubuh yang lebih kompleks. Proses molting memungkinkan nimfa untuk memperbarui struktur tubuh yang aus atau rusak, dan menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan yang terjadi sepanjang siklus hidup serangga.

- c. **Imago (dewasa)**, tahap terakhir dalam metamorfosis tidak sempurna adalah imago atau serangga dewasa. Setelah beberapa tahap nimfa dan beberapa molting, nimfa akhirnya berkembang menjadi serangga dewasa yang matang secara seksual. Proses ini sering kali melibatkan pengembangan sayap yang berkembang sepenuhnya, serta struktur tubuh dan perilaku lainnya yang khas dari serangga dewasa. Mereka memainkan peran penting dalam ekologi dan reproduksi populasi serangga. Serangga dewasa memiliki kemampuan untuk mencari pasangan, berkembang biak, dan menyebarkan keturunan ke generasi berikutnya. Selain itu, imago serangga juga berperan sebagai pemangsa, pemakan tumbuhan, penyerbuk, dan pengurai bahan organik dalam berbagai ekosistem (Sumboro et al., 2023).

### **Peran Metamorfosis dalam Siklus Hidup Serangga**

Metamorfosis, baik itu sempurna maupun tidak sempurna, merupakan tahapan penting dalam siklus hidup serangga. Proses ini memungkinkan serangga untuk mengalami perubahan yang signifikan dalam

struktur tubuh, perilaku, dan fungsi sepanjang siklus hidup. Peran metamorfosis dalam siklus hidup serangga sangat kompleks dan memiliki dampak besar dalam ekologi, reproduksi, dan evolusi populasi serangga. Dalam penjelasan ini, kita akan membahas secara rinci peran metamorfosis dalam siklus hidup serangga, serta memberikan contoh-contoh yang mengilustrasikan pentingnya proses ini (Lukman, 2016).

1. **Ekologi dan Keanekaragaman Hayati**, metamorfosis memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan keanekaragaman hayati. Tahap-tahap berbeda dalam siklus metamorfosis memberikan kesempatan bagi serangga untuk menempati berbagai peran ekologis dalam ekosistem. *Contohnya*, larva serangga mungkin memakan tumbuhan atau menjadi pemangsa, sedangkan serangga dewasa dapat berperan sebagai penyerbuk atau pemangsa lainnya. Dengan demikian, metamorfosis memungkinkan serangga untuk menyesuaikan diri dengan berbagai kondisi lingkungan dan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien. **Contoh:** Kupu-kupu mengalami metamorfosis sempurna. Larva kupu-kupu berupa ulat memakan daun, setelah memasuki tahap pupa, mengalami perubahan dan akhirnya menjadi kupu-kupu dewasa yang matang secara seksual. Sebagai kupu-kupu dewasa berperan sebagai penyerbuk ekosistem, membantu dalam penyerbukan tanaman berbunga dan menjaga keanekaragaman hayati (Herlinda et al., 2021; Indar et al., 2020).
2. **Reproduksi dan Perilaku Kesuburan**, metamorfosis memungkinkan serangga untuk mengoptimalkan kesempatan reproduksi dan meningkatkan kelangsungan hidup populasi. Tahap pupa pada metamorfosis sempurna biasanya merupakan tahap

di mana organ reproduksi serangga berkembang sepenuhnya, memungkinkan untuk menjadi matang secara seksual. Selain itu, proses metamorfosis juga sering kali mempengaruhi perilaku reproduksi serangga, seperti ritual kawin, penarikan pasangan, atau peletakan telur. **Contoh:** Belalang menjadi contoh metamorfosis tidak sempurna yang berperan dalam reproduksi dan distribusi tanaman. Nimfa belalang, yang menyerupai belalang dewasa tanpa sayap, memainkan peran penting dalam mempertahankan populasi dan mengontrol hama. Setelah berkembang biak, belalang dewasa bertanggung jawab untuk meletakkan telur di tanah yang sesuai, memulai siklus hidup baru untuk generasi berikutnya (Lukman, 2016)

3. **Keseimbangan ekosistem dan kontrol hama,** metamorfosis dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem dengan memengaruhi populasi serangga dalam lingkungan tersebut. Beberapa tahapan dalam siklus metamorfosis mungkin lebih rentan terhadap predasi, sementara tahapan lainnya mungkin memiliki dampak yang lebih besar dalam memengaruhi tanaman dan organisme lainnya dalam ekosistem. Oleh karena itu, pemahaman tentang siklus metamorfosis dapat membantu dalam pengendalian hama dan menjaga keseimbangan ekologis. **Contoh:** Jangkrik adalah contoh metamorfosis tidak sempurna yang dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem. Nimfa jangkrik umumnya memakan tanaman muda dan akar, yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan menyebabkan kerusakan pada ladang pertanian. Namun, sebagai serangga dewasa, jangkrik dapat berperan sebagai pemangsa bagi hama lainnya, membantu mengendalikan populasi serangga yang merugikan.

4. **Daur hidup dan penggunaan sumber daya**, siklus metamorfosis memungkinkan serangga untuk menggunakan sumber daya yang berbeda dalam ekosistem selama tahapan-tahapan berbeda dalam siklus hidup. Misalnya, larva serangga mungkin membutuhkan sumber daya makanan yang berbeda dari imago dewasa, sehingga meminimalkan persaingan langsung antara tahapan-tahapan berbeda dalam populasi yang sama. Selain itu, metamorfosis juga memungkinkan serangga untuk menggunakan sumber daya lingkungan dengan cara yang efisien dan adaptif. **Contoh:** Capung adalah contoh metamorfosis sempurna yang menggunakan sumber daya secara efisien selama siklus hidupnya. Larva capung, yang dikenal sebagai jentik-jentik, biasanya hidup di air dan memakan larva serangga lain atau organisme kecil lainnya. Setelah memasuki tahap pupa, berkembang menjadi capung dewasa yang dapat terbang dan mencari pasangan di udara. Dengan cara ini, capung dapat memanfaatkan berbagai sumber daya dalam ekosistem air dan udara (Ayu Mutoharoh et al., 2022; Fauzi & Wibowo, 2021)

#### **Diapause pada Serangga**

Diapause adalah keadaan fisiologis di mana pertumbuhan, perkembangan, dan aktivitas metabolisme organisme dihentikan sementara atau ditunda, biasanya terjadi pada serangga dan organisme lain yang menghadapi kondisi lingkungan tidak menguntungkan seperti perubahan musim atau ketidakstabilan lingkungan. Selama diapause, organisme memasuki dormansi yang lebih dalam, dengan aktivitas biologis melambat sampai kondisi lingkungan yang lebih kondusif tersedia. Ini terjadi pada tahap penting dalam siklus hidup, seperti telur, nimfa, atau pupa, dan dapat mempengaruhi serangga dewasa. Diapause

memungkinkan organisme bertahan dan beradaptasi dengan fluktuasi lingkungan yang tidak terduga serta memastikan tahap-tahap berikutnya dalam siklus hidup terjadi pada waktu yang sesuai. Ini juga merupakan strategi adaptasi evolusioner yang penting bagi kelangsungan hidup dan reproduksi organisme dalam lingkungan yang berubah (Harsimran Kaur Gill et al., 2017).

### **Faktor-Faktor yang mempengaruhi Diapause**

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya diapause pada serangga, baik itu faktor internal maupun eksternal. Faktor utama yang dapat memicu atau memengaruhi diapause pada serangga antara lain:

#### 1. Faktor Eksternal

- a. **Perubahan Musim:** Perubahan suhu, durasi cahaya, dan kelembaban dapat memberikan sinyal kepada serangga untuk memasuki diapause untuk bertahan hidup selama kondisi yang tidak menguntungkan.
- b. **Ketersediaan Sumber Daya:** Ketersediaan sumber daya seperti makanan dan tempat bertelur juga dapat mempengaruhi keputusan serangga untuk memasuki diapause. Ketika sumber daya terbatas, serangga mungkin memasuki diapause untuk mempertahankan energi dan memaksimalkan kesempatan reproduksi di masa depan.

#### 2. Faktor Internal

- a. **Faktor Genetik:** Beberapa spesies serangga memiliki kecenderungan genetik untuk memasuki diapause pada titik-titik tertentu dalam siklus hidup. Ini dapat diprogram secara genetik dan diturunkan dari generasi ke generasi sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang umum terjadi.

- b. **Hormon dan Neurotransmitter:** Perubahan dalam konsentrasi hormon dan neurotransmitter dalam tubuh serangga juga dapat mempengaruhi keputusan untuk memasuki diapause. Hormon seperti ecdyson dan juvenoid, serta neurotransmitter seperti serotonin, dapat memainkan peran penting dalam mengatur proses diapause.
3. Interaksi Antara Faktor Eksternal dan Internal
- a. **Pengenalan Musim:** Serangga sering kali menggunakan sinyal-sinyal lingkungan, seperti panjang hari, suhu, atau ketersediaan sumber daya, untuk mengenali waktu yang tepat untuk memasuki diapause. Sering terjadi sebagai respons terhadap perubahan musim yang teratur, dan membantu serangga untuk mengkoordinasikan siklus hidup dengan perubahan musim yang berulang.
  - b. **Plastisitas Fenotipik:** Beberapa spesies serangga memiliki kemampuan untuk menyesuaikan respons diapause tergantung pada kondisi lingkungan yang berubah. Ini disebut plastisitas fenotipik, di mana serangga dapat menunda atau mempercepat waktu diapause tergantung pada faktor-faktor eksternal yang ada (Diniz et al., 2017).

### **Jenis-Jenis Diapause pada Serangga**

Diapause adalah fenomena fisiologis yang memungkinkan serangga untuk menunda perkembangan dan aktivitas dalam menghadapi kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Berbagai tahap dalam siklus hidup serangga, mulai dari embrio hingga serangga dewasa, dapat mengalami diapause sebagai respons terhadap

faktor-faktor lingkungan seperti perubahan musim, ketersediaan sumber daya, atau tekanan predator. Empat jenis diapause yang umum pada serangga meliputi diapause embrio, larva, pupa, dan imago.

1. **Diapause Embrio**, diapause embrio merupakan bentuk diapause yang terjadi pada tahap telur atau embrio serangga, di mana perkembangan embrio ditunda atau diperlambat sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti perubahan musim atau ketidakstabilan sumber daya. Diapause embrio seringkali dipicu oleh perubahan musim, seperti saat serangga bertelur di akhir musim panas atau awal musim gugur, memungkinkan telur untuk tetap dalam keadaan dormansi selama musim dingin yang tidak menguntungkan. Selama diapause, telur serangga tidak menetas atau berkembang, dan embrio memasuki keadaan dormansi hingga kondisi yang lebih kondusif muncul.
2. **Diapause larva**, diapause larva terjadi ketika larva serangga memasuki keadaan dormansi atau penundaan dalam pertumbuhan dan perkembangan. Ini sering kali terjadi sebagai respons terhadap perubahan musim, fluktuasi sumber daya, atau tekanan lingkungan lainnya yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva. Diapause larva memungkinkan larva untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan dan menunggu sampai kondisi yang lebih kondusif tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan. Selama diapause larva, larva serangga biasanya memasuki keadaan dormansi dan mungkin tidak aktif secara fisik atau memperlambat tingkat metabolisme.



3. **Diapause pupa**, diapause pupa terjadi ketika pupa serangga memasuki keadaan dormansi atau penundaan dalam perkembangan menuju serangga dewasa. Ini adalah tahap yang paling umum untuk diapause pada serangga dengan metamorfosis sempurna, seperti ngengat, capung, dan lalat. Diapause pupa memungkinkan pupa untuk menunda keluarnya serangga dewasa hingga kondisi lingkungan yang lebih kondusif tersedia. Selama diapause, pupa serangga biasanya tetap dalam keadaan dormansi di dalam kepompong atau krisalis, dan aktivitas biologis diperlambat sampai kondisi yang lebih baik untuk keluarnya imago (dewasa) tersedia.
4. **Diapause imago**, diapause imago terjadi pada serangga dewasa. Ini mungkin lebih jarang terjadi dibandingkan dengan diapause pada tahap-tahap sebelumnya dalam siklus hidup serangga, namun masih penting dalam menyesuaikan aktivitas serangga dewasa dengan kondisi lingkungan yang berubah. Diapause imago memungkinkan serangga dewasa untuk menunda perkawinan, perkembangan ovarium, atau aktivitas reproduksi lainnya hingga kondisi lingkungan yang lebih kondusif tersedia. Ini dapat terjadi sebagai respons terhadap perubahan musim, fluktuasi sumber daya, atau tekanan lingkungan lainnya yang mempengaruhi aktivitas serangga dewasa.

### **Adaptasi Serangga terhadap Diapause**

Serangga telah berevolusi dengan berbagai adaptasi untuk menghadapi dan memanfaatkan diapause sebagai strategi kelangsungan hidup. Beberapa adaptasi ini mencakup mekanisme fisiologis, perilaku, dan genetik yang memungkinkan serangga untuk bertahan hidup

dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan dan memaksimalkan keberhasilan reproduksi. Berikut adalah beberapa adaptasi serangga terhadap diapause (Santos et al., 2019).

1. **Regulasi Hormonal**, serangga memiliki sistem endokrin yang kompleks yang mengatur produksi dan respons terhadap hormon tertentu yang terlibat dalam diapause. Hormon-hormon seperti ecdyson, juvenoid, dan hormon neuropeptida dapat memainkan peran penting dalam mengatur proses diapause. Serangga telah berevolusi dengan sensitivitas dan respons yang lebih baik terhadap perubahan konsentrasi hormonal selama diapause, memungkinkan untuk mengatur aktivitas fisiologis sesuai dengan kondisi lingkungan (Lukman, 2016)
2. **Mekanisme Penundaan Pertumbuhan**, selama diapause, serangga dapat memasuki keadaan dormansi atau menunda pertumbuhan dan perkembangan. Ini dapat dicapai melalui mekanisme seperti penundaan molting atau penurunan aktivitas metabolisme. Dengan memperlambat pertumbuhan, serangga dapat menghemat energi dan sumber daya yang penting untuk kelangsungan hidup selama diapause.
3. **Penyesuaian Perilaku**, serangga juga dapat menyesuaikan perilaku selama diapause untuk mengoptimalkan kelangsungan hidup dan reproduksi. Misalnya, beberapa spesies serangga dapat mencari tempat perlindungan yang aman dan stabil selama diapause, seperti lubang tanah atau tempat berteduh di dalam vegetasi. Penyesuaian perilaku ini memungkinkan serangga untuk mengurangi risiko predasi atau paparan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan selama diapause.

4. **Plastisitas Fenotipik**, beberapa spesies serangga memiliki kemampuan untuk menyesuaikan respons diapause tergantung pada kondisi lingkungan yang berubah. Plastisitas fenotipik ditandai dengan serangga dapat menunda atau mempercepat waktu diapause tergantung pada faktor-faktor eksternal yang ada. Plastisitas fenotipik memungkinkan serangga untuk mengoptimalkan kelangsungan hidup dalam berbagai lingkungan yang berbeda.
5. **Ekspresi Genetik**, terdapat bukti bahwa diapause dapat diprogram secara genetik dan diatur melalui ekspresi genetik. Beberapa spesies serangga memiliki gen-gen yang terkait dengan diapause, dan ekspresi gen ini dapat diatur oleh predisposisi lingkungan seperti panjang hari atau suhu. Ekspresi genetik yang tepat selama diapause menjadikan serangga mengatur aktivitas fisiologis secara efisien sesuai dengan kondisi lingkungan yang berubah.

### **Manfaat Diapause dalam Kehidupan Serangga**

1. **Bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan**: Salah satu manfaat utama diapause adalah memungkinkan serangga untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti musim dingin yang dingin atau musim kering yang panas. Diapause memungkinkan serangga memasuki keadaan dormansi dan menunda pertumbuhan hingga kondisi yang lebih baik untuk kelangsungan hidup.
2. **Optimasi waktu dan sumber daya**, diapause memungkinkan serangga untuk mengoptimalkan waktu dan sumber daya yang tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan. Dengan menunda pertumbuhan hingga kondisi lingkungan yang lebih kondusif tersedia, serangga dapat memastikan bahwa

tahap-tahap kritis dalam siklus hidup terjadi pada waktu yang paling sesuai dan memaksimalkan keberhasilan reproduksi.

3. **Pengendalian populasi**, diapause dapat memainkan peran penting dalam mengendalikan populasi serangga, terutama dalam situasi di mana sumber daya makanan terbatas atau kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Dengan menunda perkembangan dan reproduksi, diapause dapat membantu mencegah pertumbuhan populasi serangga yang berlebihan dan mengurangi persaingan antara individu dalam populasi yang sama.
4. **Resistensi terhadap perubahan lingkungan**, serangga yang mampu memasuki diapause memiliki keunggulan evolusioner dalam menghadapi perubahan lingkungan yang tidak terduga. Kemampuan untuk menunda pertumbuhan dan aktivitas memungkinkan serangga untuk menyesuaikan diri dengan fluktuasi lingkungan yang cepat atau tidak dapat diprediksi, meningkatkan kelangsungan hidup dalam jangka panjang.
5. **Pengoptimalan reproduksi**, diapause serangga mengoptimalkan kesempatan reproduksi dengan menunda perkembangan ovarium dan aktivitas reproduksi hingga kondisi lingkungan yang lebih baik tersedia. Ini dapat meningkatkan kesempatan untuk menemukan pasangan yang sesuai dan memaksimalkan kesuksesan reproduksi serangga dalam lingkungan yang berubah-ubah (Diniz et al., 2017; Harsimran Kaur Gill et al., 2017).

## **Penutup**

Metamorfosis dan diapause merupakan fenomena penting dalam siklus hidup serangga yang mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan adaptasi organisme tersebut terhadap lingkungan. Metamorfosis melibatkan perubahan bentuk fisik dan struktural serangga dari tahap ke tahap dalam siklus hidup. Dua jenis metamorfosis serangga, yaitu metamorfosis sempurna dan tidak sempurna. Di sisi lain, diapause adalah fenomena fisiologis serangga yang memasuki keadaan dormansi atau penundaan dalam pertumbuhan, perkembangan, dan aktivitas sebagai respons terhadap kondisi lingkungan dan siklus hidup serangga.

## Daftar Pustaka

- Ayu Mutoharoh, Jodion Siburian, & Winda Dwi Kartika. (2022). Uji kelayakan panduan praktikum perkembangan hewan berbasis inkuiri pada materi metamorfosis. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 8–13. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i1.523>
- Diniz, D. F. A., De Albuquerque, C. M. R., Oliva, L. O., De Melo-Santos, M. A. V., & Ayres, C. F. J. (2017). Diapause and quiescence: Dormancy mechanisms that contribute to the geographical expansion of mosquitoes and their evolutionary success. *Parasites and Vectors*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2235-0>
- Fauzi, M. F., & Wibowo, T. S. (2021). Perancangan video animasi 2D “Metamorfosis Katak” menggunakan teknik motion graphic sebagai media pembelajaran. *Information System Journal*, 4(2), 7–13. <https://doi.org/10.24076/infosjournal.2021v4i2.670>
- Harsimran Kaur Gill, Gaurav Goyal, & Gurminder Chahil. (2017). Insect Diapause: A Review. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 7(7). <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2017.07.002>
- Herlinda, S., Pujiastuti, Y., Irsan, C., Karenina, T., Budiarti, L., & Octavia, M. (2021). *Buku Pengantar Ekologi Serangga Published*.
- Indar, P. M., Soedijo, S., & Aphrodyanti, L. (2020). Buku Ajar Dasar-dasar Ekologi Serangga. *Banjar Baru: CV Banyubening Cipta Sejahtera*, 57–60.
- Lado, D. K., & Rosanensi, M. (2020). Media pembelajaran pengenalan metamorfosis sempurna dan tidak sempurna menggunakan augmented reality. *Jurnal SASAK: desain visual dan komunikasi*, 2(1), 1–10.
- Lauryn, M. S. (2020). Aplikasi pengenalan hewan bermetamorfosis dengan menggunakan augmented reality berbasis android. *JIKA (Jurnal Informatika)*, 4(3), 22. <https://doi.org/10.31000/jika.v4i3.2758>

- Lukman, A. (2016). Peran hormon dalam metamorfosis serangga. *Jurnal Biospecies*, 2(1), 42–45.
- Rolff, J., Johnston, P. R., & Reynolds, S. (2019). Complete metamorphosis of insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1783). <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0063>
- Santos, P. K. F., Arias, M. C., & Kapheim, K. M. (2019). Loss of developmental diapause as prerequisite for social evolution in bees. *Biology Letters*, 15(8), 20190398. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0398>
- Sumboro, B., Kristono, K., & Novianto, A. W. (2023). Pengenalan metamorfosis sempurna dan tidak sempurna menggunakan augmented reality. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 29(1), 51–60.
- Zulnawati, A., Dahelmi, & Rahayu, R. (2018). Pemilihan Pakan Larva *Papilio memnon* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera) terhadap tumbuhan inang *Citrus aurantifolia* dan *Citrus hystrix* (Rutaceae). *Journal of Biological Sciences*, 5(2), 266–272.

## **Profil Penulis**



### **Ni Luh Gede Sudaryati, S.Si., M.Si.**

Penulis dilahirkan di Denpasar, 22 September 1979. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Udayana pada tahun 2002. Selanjutnya penulis menyelesaikan Program Pascasarjana (S2) Ilmu Lingkungan di Universitas Udayana (2008). Saat ini penulis menjabat sebagai Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Hindu Indonesia, dan menjadi pembina UKM PIK M Kula Jana Nuraga. Penulis aktif mengikuti konferensi, seminar, dan lokakarya serta menjadi pemakalah dalam kegiatan ilmiah. Aktif melakukan penelitian dan publikasi pada jurnal internasional bereputasi yang terindeks Scopus, Web of Science dan jurnal nasional terindeks SINTA. Penulis memiliki pengalaman mendampingi mahasiswa dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan mendampingi serta lolos pendanaan selama 4 tahun berturut-turut (2018-2021). Penulis telah berusaha mengembangkan ide dan inovasi untuk meningkatkan kualitas kesehatan lingkungan. Dengan adanya buku ini, para pembaca dan pengambil kebijakan dapat menggunakannya sebagai referensi.

Author Email: [sudaryati@unhi.ac.id](mailto:sudaryati@unhi.ac.id)



- 1 PENGERTIAN ENTOMOLOGI DAN HUBUNGANNYA DENGAN ILMU LAINNYA  
Siti Washliyah
- 2 HUBUNGAN SERANGGA DENGAN MANUSIA, PARASIT DAN PREDATOR  
Hasrah Junaidi
- 3 STRUKTUR DAN FUNGSI BEBERAPA SISTEM PENYUSUN TUBUH SERANGGA  
Sumiati Tomia
- 4 SISTEM SOSIAL SERANGGA  
Fachry Ruma
- 5 METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA  
Ni Luh Gede Sudaryati
- 6 KOMUNIKASI ANTAR SERANGGA  
Kurnia Sri Febrilina
- 7 KLASIFIKASI SERANGGA  
Zrimurti Mappau
- 8 BEBERAPA ORDO PENTING DALAM KELAS SERANGGA  
Eka Yunita Wulandari
- 9 CARA KOLEKSI DAN PENGAWETAN SERANGGA  
Lisa Hidayati
- 10 ENTOMOLOGI FORENSIK  
Nissa Kusariana

*Editor:*

Hairil Akbar

Untuk akses **Buku Digital**,  
Scan **QR CODE**



**Media Sains Indonesia**  
Melong Asih Regency B.40, Cijerah  
Kota Bandung - Jawa Barat  
Email : [penerbit@medsan.co.id](mailto:penerbit@medsan.co.id)  
Website : [www.medsan.co.id](http://www.medsan.co.id)

