

METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA

by Mega Science Indonesia

Submission date: 11-May-2024 08:28AM (UTC-0700)

Submission ID: 2368716075

File name: REVISI_BAB_5_METAMORFOSIS_DAN_DIAPAUSE_SERANGGA.docx (496.85K)

Word count: 3923

Character count: 26887

BAB 5

METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA

⁵
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. ¹⁵ 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, ⁴ yaitu metamorfosis sempurna dan tidak sempurna, yang masing-masing memiliki tahapan-tahapan khas seperti telur, larva, pupa, dan imago (dewasa) ⁴ (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, ⁹ 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 diapause 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 (Rolff 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 (*molting*) 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 memperbaiki 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 ⁷ 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

DATA PENGIRIMAN DAN PENGAJUAN HKI

1. Untuk Pengiriman buku cetak, mohon isi data berikut

Nama Penerima. : Ni Luh Gede Sudaryati, S.Si., M.Si

Alamat (lengkap) : Jalan Gunung Guntur Gang VII No. 6 Denpasar, Kelurahan
Padangsambian, Kecamatan Denpasar Barat, Kota Denpasar
80117

HP. Aktif : 087855138479

2. Untuk pengajuan HKI, mohon mengisi data berikut sesuai yang tertera pada
KTP:

Nama Lengkap: Ni Luh Gede Sudaryati, S.Si, M.Si
Alamat: Jalan Gunung Guntur Gang VII No. 6 Denpasar RT/RW: -/-, Kel/Desa: Padangsambian, Kec.: Denpasar Barat
Kab/Kota: Denpasar
Provinsi: Bali
Kode Pos: 80117
Email: sudaryati@unhi.ac.id
Hp. Aktif: 087855138479



METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	artikelpendidikan.id Internet Source	2%
2	www.sonora.id Internet Source	1%
3	digilib.uinkhas.ac.id Internet Source	<1%
4	petikanhidup.com Internet Source	<1%
5	ejournal.unhi.ac.id Internet Source	<1%
6	embundaun.wordpress.com Internet Source	<1%
7	sefidvash.net Internet Source	<1%
8	Submitted to Universitas Kristen Satya Wacana Student Paper	<1%
9	bioearthworm.wordpress.com Internet Source	<1%

10 distroharajuku.wordpress.com <1 %
Internet Source

11 media.neliti.com <1 %
Internet Source

12 object.pouta.csc.fi <1 %
Internet Source

13 www.saferkidsandhomes.com <1 %
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

METAMORFOSIS DAN DIAPAUSE SERANGGA

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16
