

# PERKEMBANGAN DAN SPESIALISASI SERANGGA

---

DR TRI UJILESTARI



# Entomologi Pertemuan 5

## Perkembangan dan spesialisasi serangga

---

- ❖ Embriologi
- ❖ Perkembangan pasca-embrio  
(metamorfosis, diapause, regenerasi)
- ❖ Sistem endokrin



Life cycle of the monarch or wanderer butterfly, *Danaus plexippus*. (After photographs by P.J. Gallan.)

# Cara telur menetas

---

Telur serangga menetas dengan bermacam-macam cara, antara lain:

- ❑ Serangga muda yang memiliki alat mulut dia akan keluar dengan cara mengunyah cangkang telur.
- ❑ Pada beberapa serangga bagian dorsal dari kepala.
- ❑ Pada beberapa serangga bagian dorsal dari kepala mempunyai duri mungkin juga seperti pisau /tonjolan seperti gergaji.
- ❑ Cangkang telur mempunyai garis yang lunak, caranya serangga tersebut bergerak melingkar-lingkar sehingga telur akan pecah pada bagian telur yang pendek.

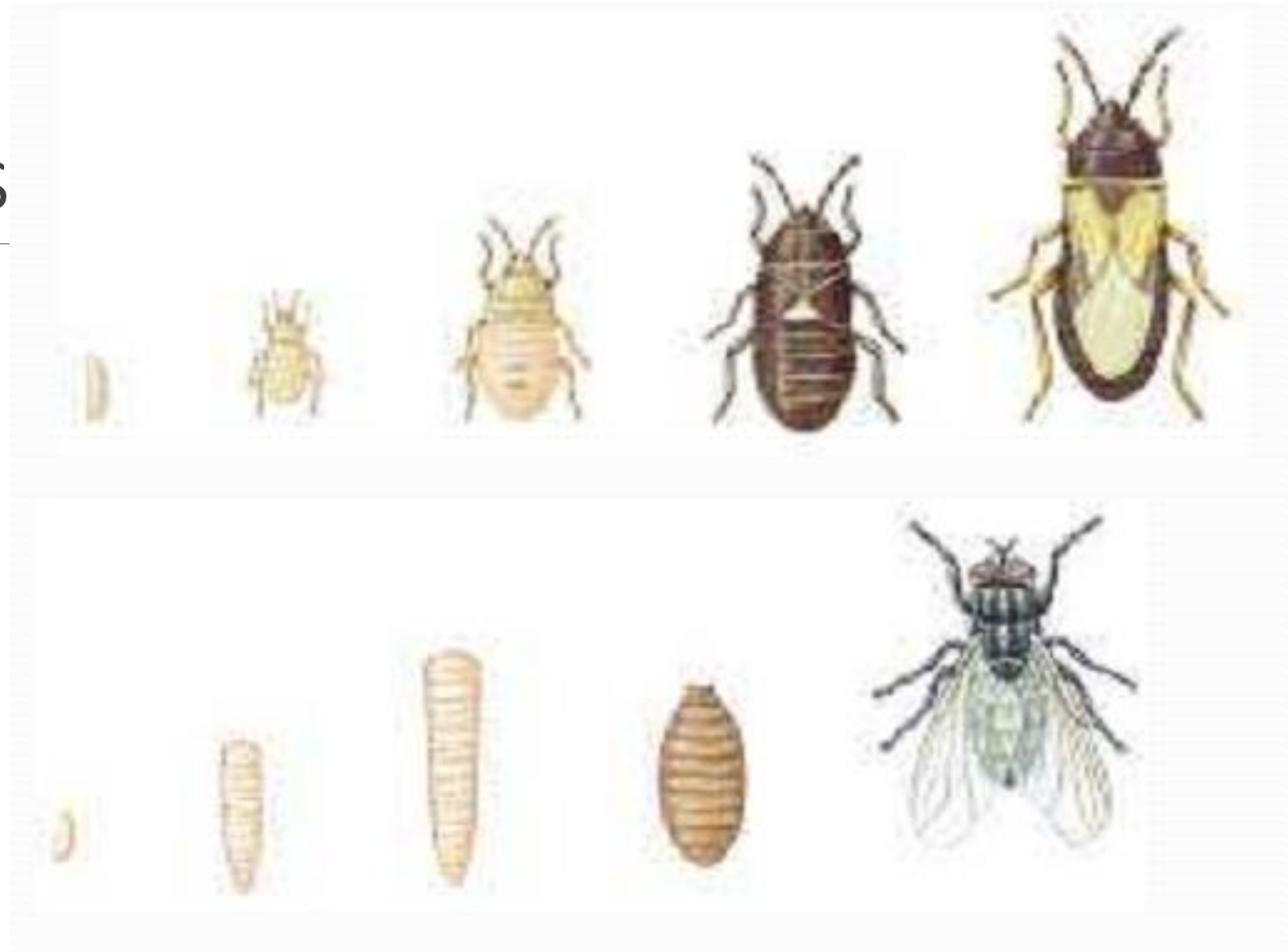
# Pertumbuhan dan Perkembangan Serangga

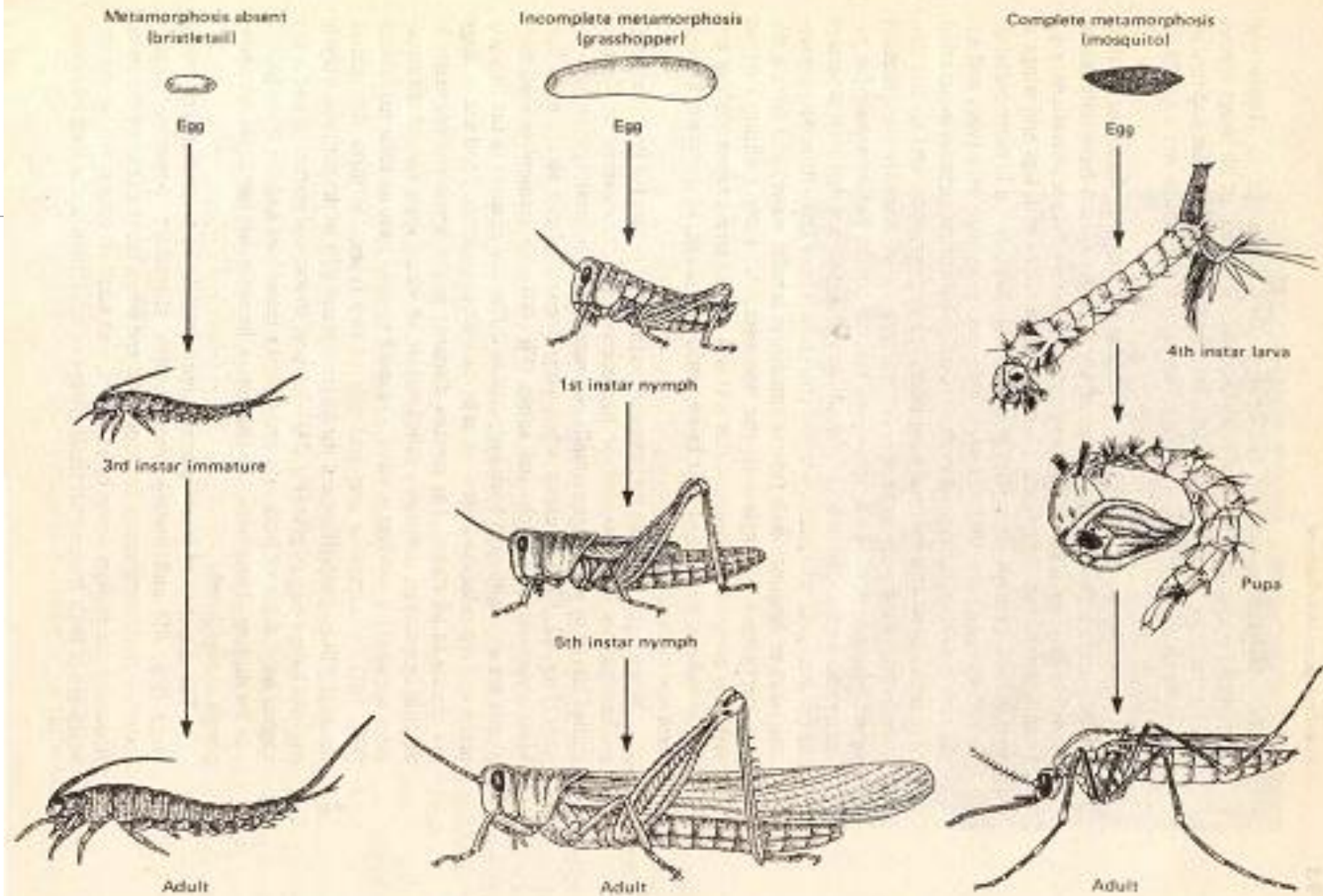
---

- ❑ Pertumbuhan dan perkembangan serangga mencakup pertumbuhan menjadi besar dan perubahan bentuk disertai dengan beberapa pengelupasan kutikula yang disebut proses molting.
- ❑ Perkembangan dari setiap serangga terdiri dari tiga tahap utama yaitu tahap embrional, masa pra-dewasa 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).
- ❑ Kehidupan serangga pasca embrio dibagi-bagi ke dalam Kehidupan serangga pasca embrio dibagi-bagi 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.

# Metamorfosis

---



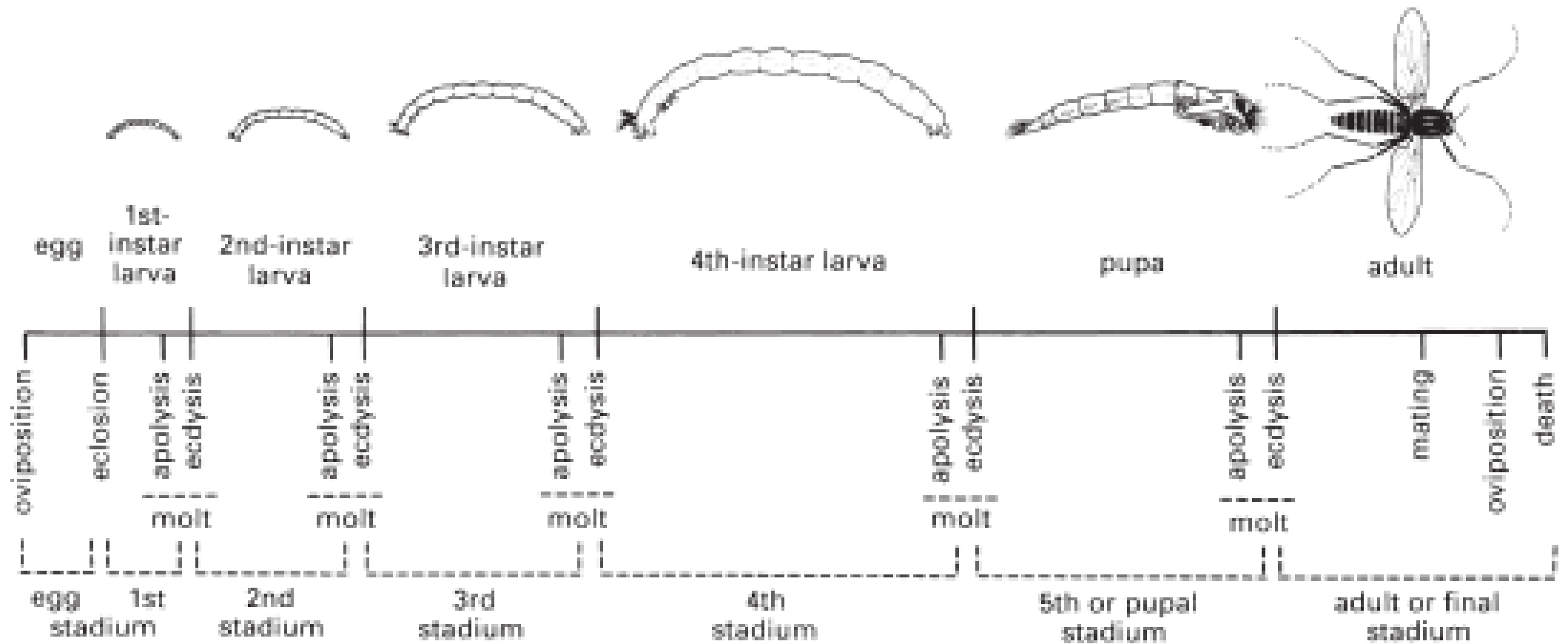


**Figure 85.** Development from egg to adult illustrating the degree of metamorphosis that occurs. Most of the instars are omitted to permit enlargement of a few for comparative purposes.

# 1. PERTUMBUHAN

---

- ❑ Pertumbuhan serangga terputus-putus, bagian kutikula tubuh mengalami sklerot karena kutikula yang kaku.
- ❑ Serangga mengalami peningkatan ukuran dengan pergantian kulit, pembentukan kutikula baru secara berkala digantikan dengan luas permukaan kutikula yang lebih besar dan pelepasan kutikula lama.



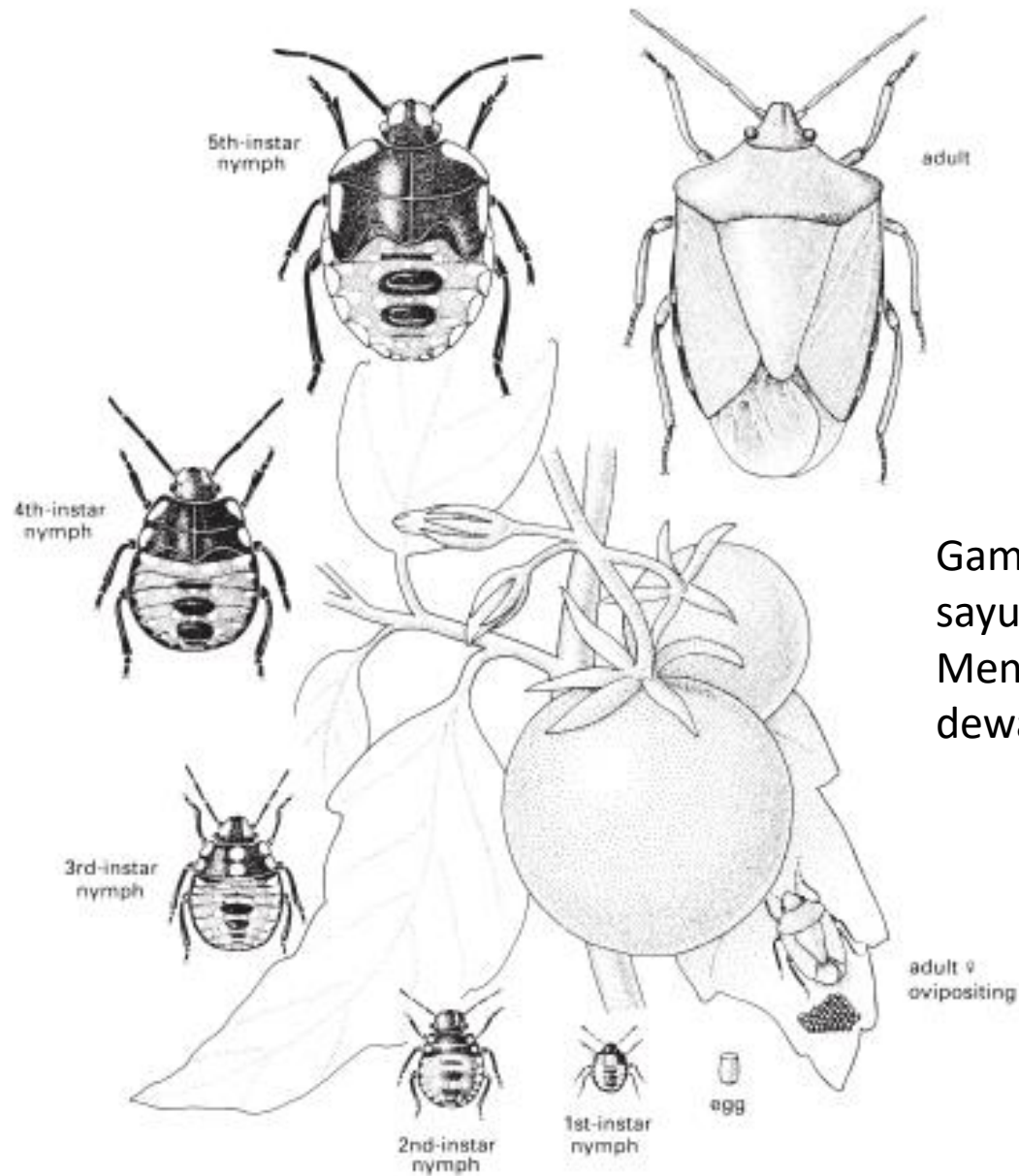
Gambar 1. Siklus hidup Diptera : (Chironomidae, Chironomus) menunjukkan berbagai peristiwa dan tahapan perkembangan serangga



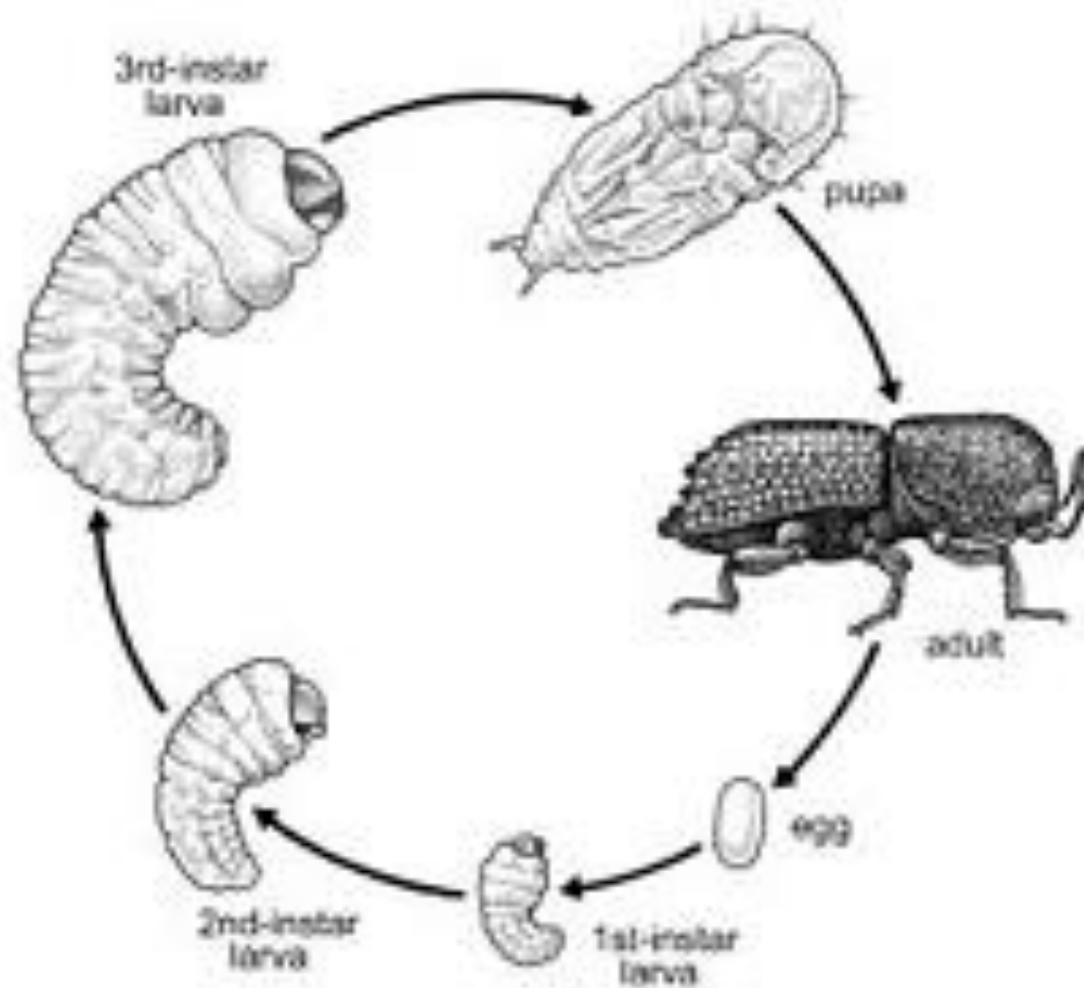
## 2. FASE HIDUP/PERKEMBANGAN

---

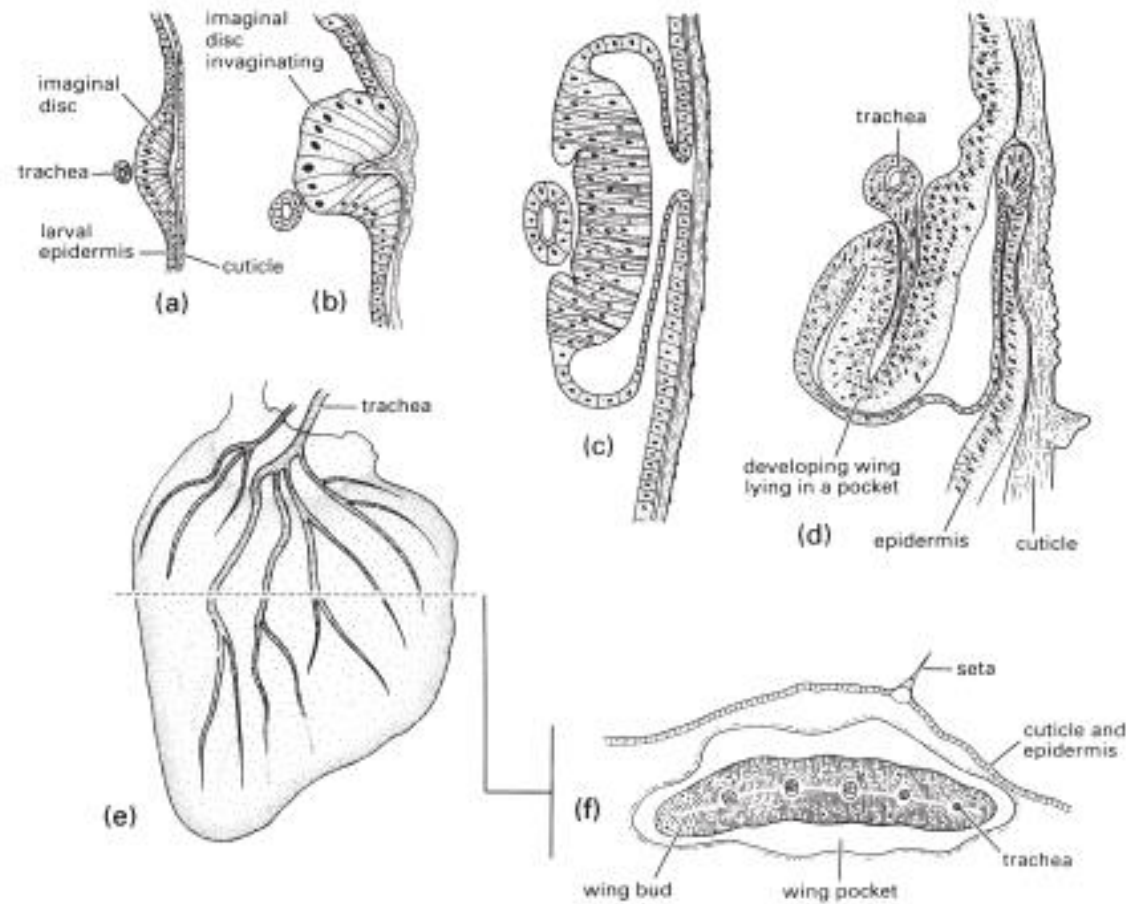
- ❑ Fase hidup serangga terjadi dari telur hingga dewasa.
- ❑ Perubahan bentuk morfologi mempengaruhi struktur eksternal maupun organ dalam, tetapi hanya perubahan eksternal yang terlihat pada setiap ganti kulit.
- ❑ Tiga pola perubahan morfologis perkembangan berdasarkan tingkat perubahan eksternal 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 1).
- ❑ 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 2) dan **holometaboly** (metamorfosis sempurna; Gambar 3).



Gambar 2. Siklus hidup serangga hemimetabolous (serangga sayuran hijau, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) Menunjukkan: telur, nimfa dari lima instar, dan serangga dewasa pada tanaman tomat.



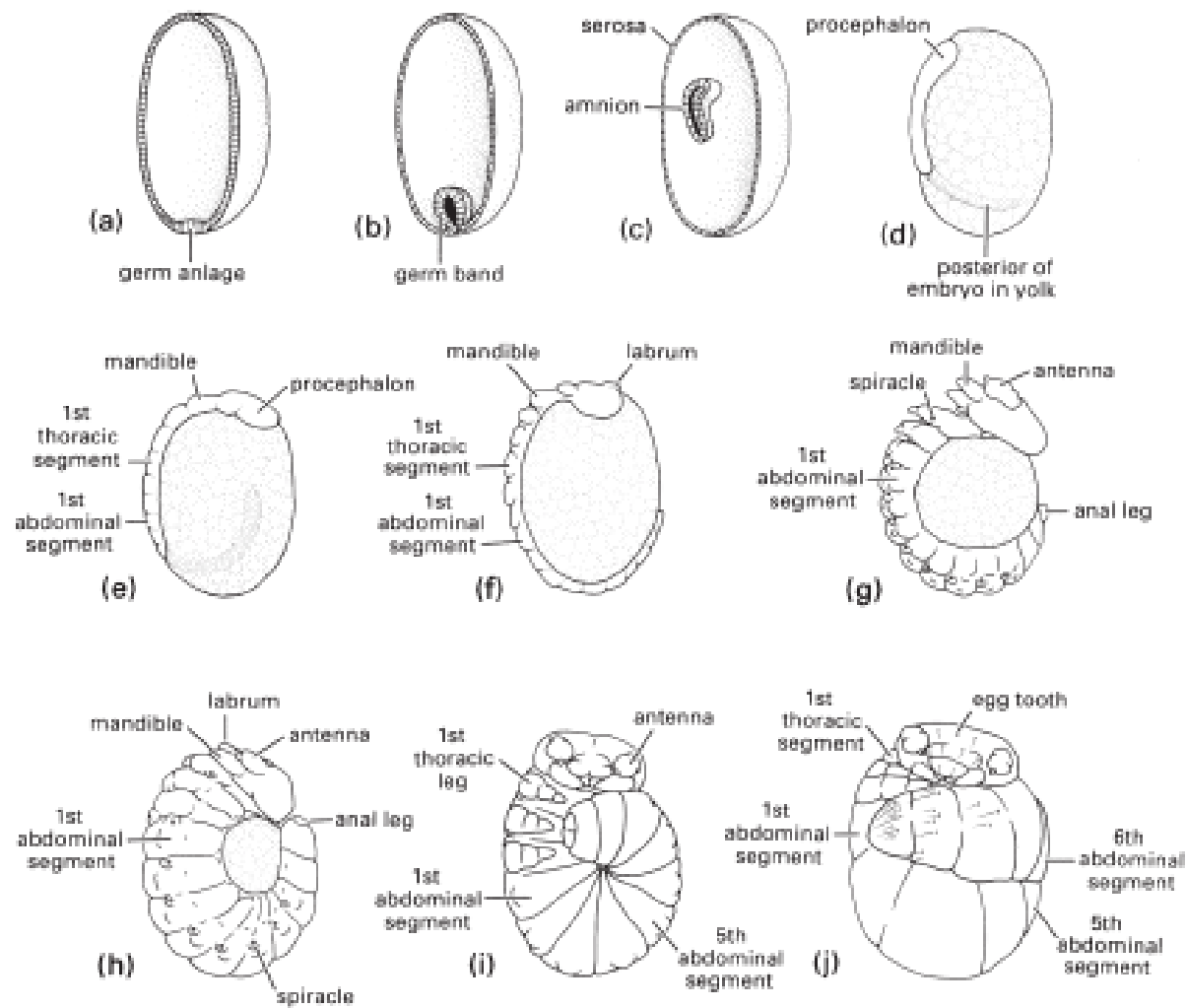
Gambar 3. Siklus hidup serangga holometabola(kumbang kulit kayu) menunjukkan: telur, tiga instar larva, pupa, dan kumbang dewasa



Gambar 4. Tahapan perkembangan sayap kubis kupu-kupu, *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). Sebuah cakram imajinal sayap pada (a) larva instar pertama, (b) larva instar kedua, (c) larva instar ketiga, dan (d) larva instar keempat; (e) pucuk sayap seperti yang terlihat jika dibedah dari kantong sayap atau (f) dipotong melintang pada larva instar kelima. ((a– e)

## 2.1 Fase embrio

- ❑ Tahap telur dimulai segera setelah betina menyimpan telur yang matang. Untuk alasan praktis, umur telur diperkirakan sejak pengendapannya meskipun telur sudah ada sebelum oviposisi.
- ❑ Awal dari tahap telur dimulai ketika perkembangan embrio di dalam telur dipicu oleh aktivasi. Pemicu ini biasanya hasil dari pembuahan pada serangga yang bereproduksi secara seksual, pada spesies partenogenetik diinduksi oleh berbagai peristiwa pada oviposisi, termasuk masuknya oksigen ke telur atau distorsi mekanis.
- ❑ Setelah aktivasi sel telur, inti zigot terbagi lagi dengan pembelahan mitosis untuk menghasilkan banyak nukleus anak, sehingga menghasilkan syncytium.
- ❑ Inti ini dan sitoplasma sekitarnya, yang disebut nergid pembelahan, bermigrasi ke pinggiran telur di mana membran infold mengarah ke selularisasi lapisan superficial untuk membentuk blastoderm.
- ❑ Blastoderm biasanya memunculkan semua sel tubuh larva, sedangkan bagian kuning tengah telur menyediakan nutrisi untuk embrio yang sedang.
- ❑ Diferensiasi regional blastoderm mengarah pada pembentukan cakram germinal atau germanlage (Gambar.6.5a), yang merupakan tanda awal perkembangan embrio, sedangkan sisa blastoderm menjadi selaput tipis, serosa, atau penutup embrio. Selanjutnya, bakteri berkembang biak dalam proses yang disebut gastrulasi (Gambar 5b) dan tenggelam ke dalam kuning telur, membentuk embrio dua lapis yang mengandung rongga ketuban (Gambar 5c).
- ❑ Setelah gastrulasi, kuman menjadi pita kuman, yang secara eksternal ditandai dengan organisasi segmental (dimulai pada Gambar 5d dengan pembentukan protocephalon). Pita kuman pada dasarnya membentuk daerah ventral dari tubuh, yang secara progresif berdiferensiasi dengan kepala, segmen tubuh, dan pelengkap menjadi semakin jelas (Gambar 5e-g).
- ❑ Pada saat ini embrio mengalami gerakan yang disebut katasitropis yang membawanya ke posisi terakhirnya di dalam telur. Kemudian, pada akhir embriogenesis (Gambar. 5h, i), tepi pita kuman tumbuh di atas kuning telur yang tersisa dan menyatu di bagian tengah punggung untuk membentuk bagian lateral dan punggung serangga (suatu proses yang disebut penutupan punggung).
- ❑ Spesialisasi fungsional sel dan jaringan terjadi selama periode akhir perkembangan embrio, sehingga pada saat menetas (Gambar 5j) embrio adalah proto-serangga kecil yang berdesakan di dalam cangkang telur.



Gambar 5. Perkembangan embrio dari lalat kalajengking *Panorpodes paradoxa* (Mecoptera: Panorpididae): (a-c) gambar skemabagian telur yang kuning telurnya telah dikeluarkan untuk menunjukkan posisi embrio; (d – j) morfologi kasar embrio yang sedang berkembang pada berbagai usia. Usia sejak oviposisi: (a) 32 jam; (b) 2 hari; (c) 7 hari; (d) 12 hari; (e) 16 hari; (f) 19 hari; (g) 23 hari; (h) 25 hari; (i) 25–26 hari; (j) tumbuh penuh pada 32 hari.

## 2.2 Fase larva atau nimfa

- ❑ Penetasan dari telur dapat dilakukan dengan pronymph, nimfa, atau larva: eclosion secara konvensional menandai dimulainya stadium pertama, ketika dikatakan bahwa serangga muda berada pada instar pertamanya (Gambar. 1). Tahap ini berakhir pada ecdysis pertama ketika kutikula lama dilemparkan untuk memperlihatkan serangga pada instar kedua. Instar ketiga dan sering kali berikutnya umumnya mengikuti.
- ❑ Sehingga perkembangan serangga yang belum dewasa ditandai dengan pergantian bulu berulang kali yang dipisahkan oleh periode makan, serangga hemimetabolous umumnya mengalami lebih banyak molting untuk mencapai usia dewasa daripada serangga holometabolous.
- ❑ Semua serangga holometabola yang belum dewasa disebut larva. Serangga darat yang belum dewasa dengan perkembangan hemimetabolous seperti: kecoa (Blattodea), belalang (Orthoptera), mantids (Mantodea), dan serangga Hemiptera selalu disebut nimfa. Namun, individu yang belum dewasa dari serangga hemimetabolous air (Odonata, Ephemeroptera, dan Plecoptera), meskipun memiliki bantalan sayap eksternal di instar selanjutnya, juga sering, disebut sebagai larva.
- ❑ Larva sejati terlihat sangat berbeda dari bentuk dewasa akhir di setiap instar, sedangkan nimfa lebih mendekati penampilan dewasa pada setiap pergantian bulu berturut-turut.
- ❑ Pola makan dan gaya hidup larva sangat berbeda dengan dewasa. Sebaliknya, nimfa sering makan makanan yang sama dan hidup berdampingan dengan spesies dewasa. Sehingga persaingan jarang terjadi antara larva dan dewasa, tetapi kemungkinan besar terjadi antara nimfa dan dewasa.



- ❑ Tiga bentuk paling umum adalah larva polipod, oligopoda, dan apod (Gambar 6).
- ❑ **Larva polipoda memiliki** karakteristik tubuh silinder dengan kaki toraks pendek dan kaki perut (pseudopoda). Contohnya ulat Lepidopteran (Gambar 6a, b). Symphytan Hymenoptera (Gambar 6c) dan kebanyakan Mecoptera juga memiliki larva polipod. Larva semacam itu agak tidak aktif dan sebagian besar bersifat fitofag.
- ❑ **Larva oligopoda** (Gambar 6d – f) tidak memiliki bagian perut tetapi memiliki kaki dada yang berfungsi dan mulut yang sering prognat. Banyak yang merupakan predator aktif tetapi yang lain adalah detritivora yang bergerak lambat yang hidup di tanah atau fitofag. Jenis larva ini terdapat pada setidaknya beberapa anggota dari kebanyakan ordo serangga tetapi tidak pada Lepidoptera, Mecoptera, Diptera, Siphonaptera, atau Strepsiptera.
- ❑ **Larva apod** (Gambar 6g – i) tidak memiliki kaki yang sebenarnya dan biasanya seperti cacing atau belatung, hidup di tanah, lumpur, kotoran, tumbuhan atau hewan yang membusuk, atau di dalam tubuh organisme lain sebagai parasitoid. Siphonaptera, Aculeate Hymenoptera, nematoceran Diptera, dan banyak Coleoptera biasanya memiliki larva apod dengan kepala yang berkembang dengan baik, sedangkan pada belatung Diptera yang lebih tinggi, kait mulut mungkin satu-satunya bukti nyata dari daerah cephalic.



POLYPOD LARVAE



(a)



(b)



(c)

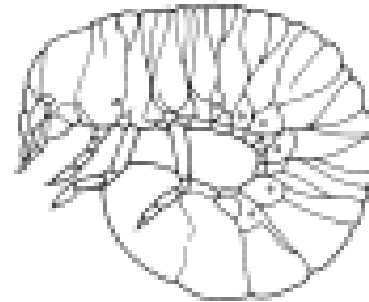
OLIGOPOD LARVAE



(d)

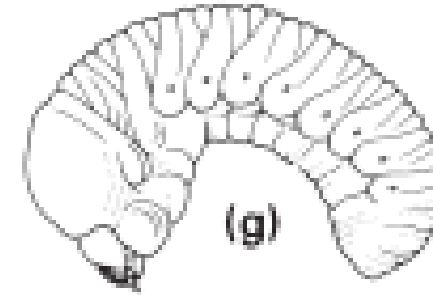


(e)



(f)

APOD LARVAE



(g)



(h)



(i)

Gambar 6. Contoh jenis larva.

Larva polipoda: (a) Lepidoptera: Sphingidae; (b) Lepidoptera: Geometridae; (c) Hymenoptera: Diprionidae. Larva Oligopoda: (d) Neuroptera: Osmylidae; (e) Coleoptera: Carabidae; (f) Coleoptera: Scarabaeidae. Larva apod:(g) Coleoptera: Scolytidae; (h) Diptera: Calliphoridae; (i) Hymenoptera: Vespidae.

## 2.3 Metamorfosis

- ❑ Semua serangga pterygote mengalami berbagai tingkat transformasi dari fase dewasa hingga fase dewasa dalam sejarah hidupnya.
- ❑ Beberapa exopterygote, seperti kecoa, hanya menunjukkan sedikit perubahan morfologis selama perkembangan postembrionik, sedangkan tubuh sebagian besar direkonstruksi pada metamorfosis di banyak endopterygote.
- ❑ Hanya Holometabola (= Endopterygota) yang memiliki metamorfosis yang melibatkan stadium kepompong, di mana struktur dewasa dielaborasi dari struktur larva.
- ❑ Perubahan bentuk tubuh yang merupakan inti dari metamorfosis disebabkan oleh perbedaan pertumbuhan berbagai bagian tubuh. Organ yang akan berfungsi saat dewasa tetapi belum berkembang dalam larva tumbuh lebih cepat daripada rata-rata tubuh. Pertumbuhan bantalan sayap yang dipercepat adalah yang paling jelas. Misalnya, tetapi kaki, alat kelamin, gonad, dan organ dalam lainnya dapat meningkat dalam ukuran dan kompleksitas sampai batas tertentu.
- ❑ Timbulnya metamorfosis umumnya dikaitkan dengan pencapaian ukuran tubuh tertentu, yang dianggap memprogram otak untuk metamorfosis, yang mengakibatkan perubahan kadar hormon.

- ❑ Metamorfosis cukup besar dari pengaruh otak, terutama selama instar kepompong.
- ❑ Pada kebanyakan serangga, penurunan jumlah hormon remaja yang bersirkulasi (sebagai akibat dari penurunan aktivitas corpora allata) sangat penting untuk memulai metamorfosis. (Peristiwa fisiologis dijelaskan di bagian 6.3.) Meranggas menjadi instar kepompong disebut kepompong, atau meranggas larva-pupa.
- ❑ Banyak serangga bertahan hidup dalam kondisi yang tidak menguntungkan untuk perkembangan pada tahap "istirahat", tahap kepompong yang tidak makan, tetapi seringkali apa yang tampak seperti kepompong sebenarnya adalah dewasa yang berkembang penuh di dalam kutikula kepompong.
- ❑ Beberapa jenis kepompong (Gambar. 7) muncul secara konvergen dalam tatanan yang berbeda.
- ❑ Kebanyakan kepompong berada di luar tubuh (Gambar 7a – d) - pelengkap (misalnya kaki, sayap, bagian mulut, dan antenanya) tidak menempel erat ke tubuh; kepompong yang tersisa tidak utuh (Gambar. 7g – j) - pelengkap disemen ke tubuh dan kutikula, sering mengalami sklerotisasi berat.

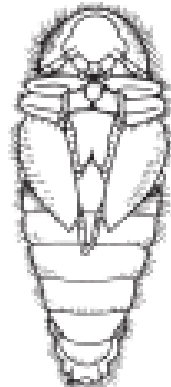
EXARATE  
DECTICOUS

EXARATE ADECTICOUS

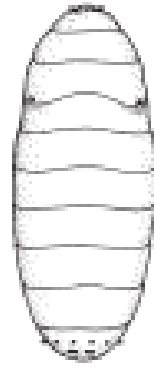
OBTECT ADECTICOUS



(a)



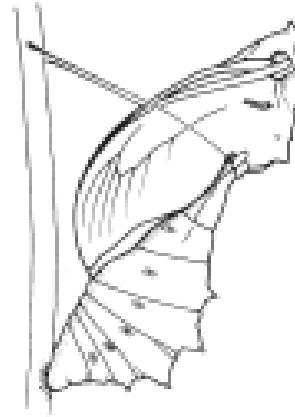
(c)



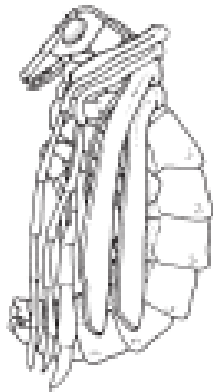
(e)



(g)



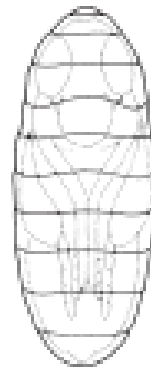
(i)



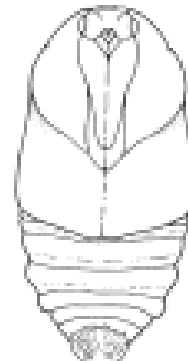
(b)



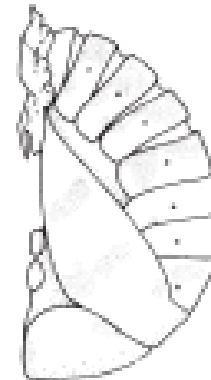
(d)



(f)



(h)



(j)

Gambar 7 Contoh jenis kepompong.

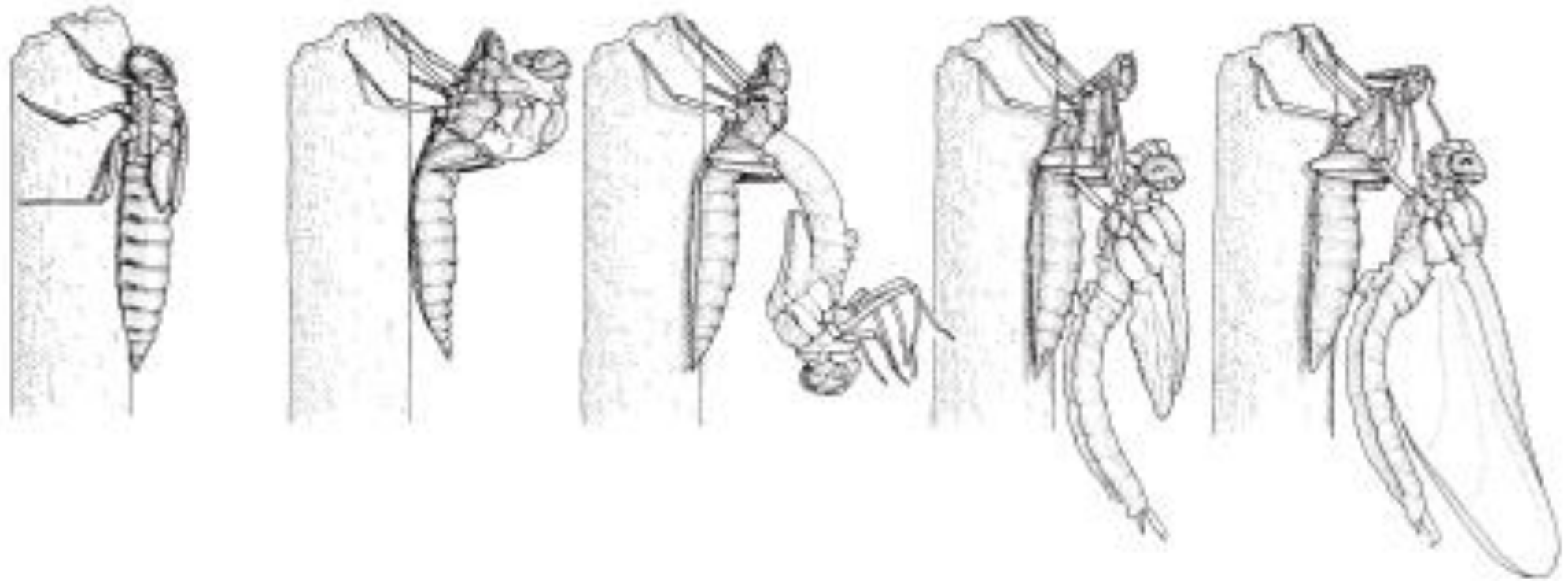
Pupa ulat eksarasi: (a) Megaloptera: Sialidae; (b) Mecoptera: Bittacidae. Pupa adektikus eksarasi: (c) Coleoptera: Dermestidae; (d) Hymenoptera: Vespidae; (e, f) Diptera: Calliphoridae, puparium dan pupa di dalamnya. Obtect pupa adektikus: (g) Lepidoptera: Cossidae; (h) Lepidoptera: Saturniidae; (i) Lepidoptera: Papilionidae, chrysalis; (j) Coleoptera: Coccinellidae.

#### 6.2.4 Fase imajinal atau fase dewasa

- ❑ Serangga tidak akan berganti kulit lagi setelah fase dewasa tercapai, kecuali lalat capung.
- ❑ Tahap dewasa/imajinal, memiliki peran reproduksi dan seringkali merupakan tahap penyebaran serangga dengan larva yang relatif menetap.
- ❑ Setelah imago keluar dari kutikula instar sebelumnya, ia segera dapat berkembang biak atau terdapat periode pematangan dalam kesiapan transfer sperma atau oviposisi.
- ❑ Spesies dewasa, seperti lalat capung berumur sangat pendek. Serangga ini telah mengurangi atau tidak memiliki bagian mulut dan terbang hanya untuk beberapa jam atau paling lama satu atau dua hari - mereka kawin dan mati.
- ❑ Kebanyakan serangga dewasa hidup setidaknya beberapa minggu, seringkali beberapa bulan dan terkadang selama beberapa tahun; reproduksi rayap dan semut ratu serta lebah sangat berumur panjang.
- ❑ Kehidupan orang dewasa dimulai pada keluar dari kutikula kepompong.
- ❑ Metamorfosis, mungkin selesai selama beberapa jam, hari, atau minggu dan serangga dewasa yang telah beristirahat di kutikula kepompong sampai pemicu lingkungan yang sesuai untuk keluar. Perubahan suhu atau cahaya dan sinyal kimiawi (setidaknya lima hormon terlibat) dapat menyinkronkan kemunculan dewasa di sebagian besar spesies.

- ❑ Beberapa hari sebelum eklosi, tingkat ecdisteroid menurun, serangkaian kejadian fisiologis dan perilaku dimulai dalam persiapan untuk ekdisis, termasuk pelepasan dua neuropeptida.
- ❑ Ecdysis triggering hormone (ETH) dari kelenjar epitrakeal (sel Inka), dan hormon eklosi (EH) dari sel neurosecretory di otak, bertindak bersama untuk memicu perilaku pra-eklosi, seperti mencari tempat yang cocok untuk ekdisis dan gerakan untuk membantu pelepasan kutikula lama.
- ❑ ETH dilepas lebih dulu, ETH dan EH saling merangsang, membentuk putaran umpan balik positif.
- ❑ Penumpukan EH juga melepaskan peptida kardioaktif krustasea (CCAP) dari sel-sel di korda saraf ventral. CCAP mematikan perilaku preeklosi dan mengaktifkan perilaku eklosi, seperti kontraksi perut dan gerakan pangkal sayap, serta mempercepat detak jantung.
- ❑ EH mempengaruhi pelepasan neurohormon lebih lanjut - bursikon dan kardiopeptida - yang terlibat dalam perluasan sayap setelah ekdisis.
- ❑ Kardiopeptida menstimulasi jantung, memfasilitasi pergerakan hemolimf ke dalam dada/sayap.
- ❑ Bursicon menginduksi peningkatan plastisitas kutikula untuk memungkinkan perluasan sayap, diikuti dengan sklerotisasi kutikula.

- ❑ Serangga dewasa muncul, memiliki kutikula lunak yang memungkinkan perluasan permukaan tubuh dengan memasukkan udara, dengan mengambil udara ke dalam kantung trakea, dan meningkatkan tekanan hemolimf dengan aktivitas otot.
- ❑ Sayap biasanya menggantung ke bawah (Gambar 8).
- ❑ Deposisi pigmen di kutikula dan sel epidermis diikuti oleh sklerotisasi kutikula tubuh di bawah pengaruh bursikon neurohormon.
- ❑ Setelah munculnya kutikula kepompong, serangga holometabolous membuang cairan tinja yang disebut meconium (limbah metabolik yang telah terakumulasi selama stadium pupa).
- ❑ Pada serangga orang dewasa Dorgan reproduksi mulai berkembang.
- ❑ Penuaan berkorelasi dengan penghentian reproduksi dan kematian. Betina mungkin mati setelah pengendapan telur dan jantan mungkin mati setelah kawin.



Gambar 8. Meranggas nymphal-imaginal dari capung jantan *Aeshna cyanea* (Odonata: Aeshnidae).

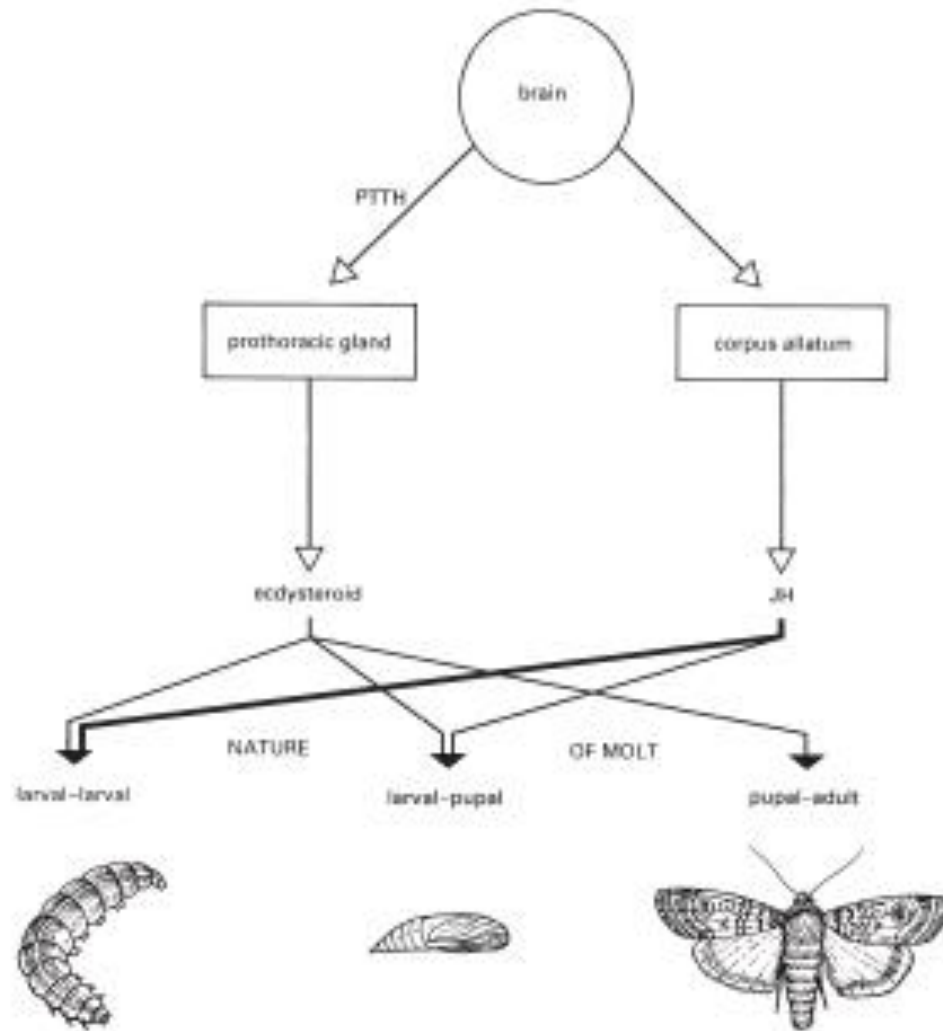
Nimfa instar terakhir keluar dari air sebelum kutikula terlepas. Kutikula tua membelah bagian tengah punggungnya, membebaskan dirinya sendiri, memasukkan udara dan harus menunggu berjam-jam hingga sayapnya mengembang dan mengering.



# 3. PROSES DAN PENGENDALIAN MOLTING

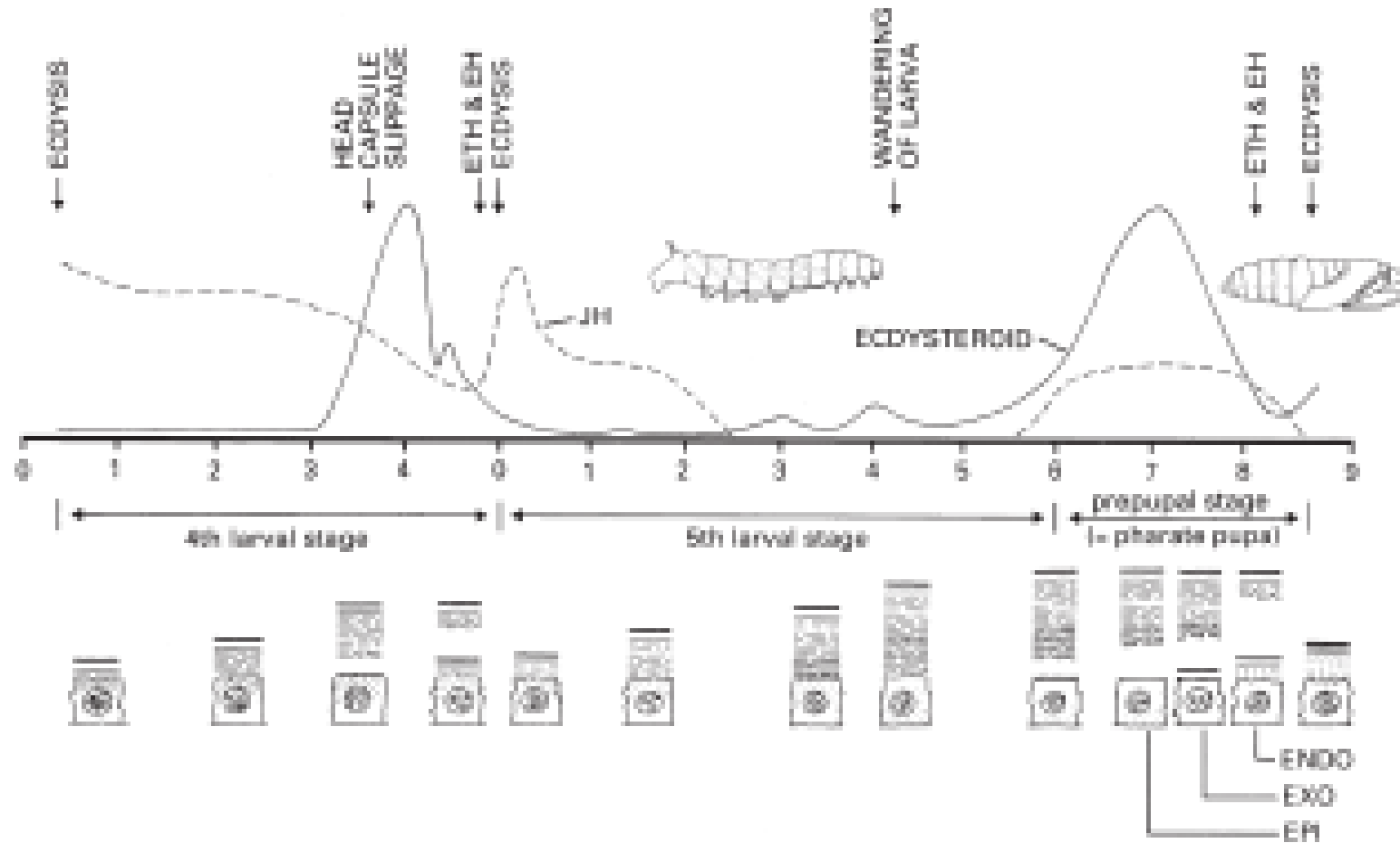
- ❑ Molting adalah proses kompleks yang melibatkan perubahan hormonal, perilaku, epidermal, dan kutikula yang mengarah pada pelepasan kutikula lama. Sel-sel epidermis secara aktif terlibat dalam pergantian kulit (bertanggung jawab untuk pelepasan kutikula lama dan pembentukan kutikula baru).
- ❑ Pergantian kulit dimulai dengan pencabutan sel-sel epidermis dari permukaan dalam kutikula lama, biasanya ke arah antero-posterior. Pemisahan ini tidak total karena otot dan saraf sensorik mempertahankan hubungannya dengan kutikula lama.
- ❑ Apolisis berkorelasi dengan atau diikuti oleh pembelahan mitosis sel-sel epidermis yang menyebabkan peningkatan volume dan luas permukaan epidermis. Ruang subkutikular atau apolisial yang terbentuk setelah apolisis terisi dengan cairan pergantian kulit yang disekresikan tetapi tidak aktif.
- ❑ Enzim kitinolitik dan proteolitik dari cairan pergantian kulit tidak diaktifkan sampai sel-sel epidermis telah meletakkan lapisan luar pelindung kutikula baru.
- ❑ Kemudian bagian dalam kutikula lama (endokutikula) dilisis dan diserap kembali, sedangkan kutikula baru terus disimpan sebagai prokutikula yang tidak berdiferensiasi.
- ❑ Ekdisis dimulai dengan sisa-sisa kutikula lama yang membelah di sepanjang garis tengah punggung sebagai akibat dari peningkatan tekanan hemolimf. Kutikula cor terdiri dari protein yang tidak dapat dicerna, lipid dan kitin dari epicuticle dan exocuticle.
- ❑ Setelah terbebas dari kendala “kulit” sebelumnya, serangga memperluas kutikula baru dengan menelan udara/air atau dengan meningkatkan tekanan hemolimf di bagian tubuh yang berbeda untuk menghaluskan epikuticle yang keriput dan terlipat serta meregangkan prokutikula.
- ❑ Setelah pemuaihan kutikula, beberapa atau sebagian besar permukaan tubuh dapat mengalami sklerotisasi oleh pengerasan kimiawi dan penggelapan prokutikula untuk membentuk eksokutikula .
- ❑ Setelah ekdisis, lebih banyak protein dan kitin disekresikan dari sel epidermis sehingga menambah bagian dalam prokutikula, endokutikel.

- ❑ Peristiwa di atas dipengaruhi oleh hormon yang bekerja pada sel epidermis untuk mengontrol perubahan kutikula dan juga pada sistem saraf untuk mengkoordinasikan perilaku yang terkait dengan ecdysis.
- ❑ Regulasi hormonal molting pada metamorfosis (terdapat pengaruh endokrin pada molting dalam pengendalian perubahan morfologi- Gambar 9)
- ❑ Tiga jenis utama hormon yang mengontrol pergantian kulit dan metamorfosis:
  1. neuropeptida, termasuk hormon prothoracicotropic (PTTH), ETH, dan EH;
  2. ekdisteroid;
  3. juvenile hormone (JH)
- ❑ Sel neurosecretory di otak mengeluarkan PTTH ke dalam hemolimf.
- ❑ PTTH merangsang sintesis dan sekresi ekdisteroid oleh prothoracic/kelenjar ganti kulit.
- ❑ Pelepasan ekdisteroid kemudian memulai perubahan pada sel epidermis yang mengarah pada produksi kutikula baru.
- ❑ Karakteristik meranggas diatur oleh JH (dari corpora allata); JH menghambat ekspresi fitur dewasa. Tingkat JH yang tinggi dikaitkan dengan pergantian larva-larva, JH rendah dikaitkan dengan pergantian larva-kepompong; JH tidak ada saat meranggasnya pupa dewasa.
- ❑ Ecdysis dimediasi oleh ETH dan EH, dan EH, penting di setiap ganti kulit. Neuropeptida ini bekerja pada sistem saraf pusat yang menggunakan steroid untuk membangkitkan aktivitas motorik terkoordinasi yang terkait dengan pelepasan kutikula lama.



Gambar 9. Diagram skematis dari pandangan klasik kontrol endokrin dari proses epidermis yang terjadi pada molting dan metamorfosis pada serangga endopterygote.

Skema ini menyederhanakan kompleksitas sekresi ekdisteroid dan JH dan tidak menunjukkan pengaruh neuropeptida seperti hormon eklosi. JH, hormon remaja; PTTH, hormon prothoracicotropic.



Gambar 10. Tampilan diagram dari perubahan aktivitas epidermis selama instar larva keempat dan kelima dan prepupal. Perkembangan pada hornworm tembakau, *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae) dalam hubungannya dengan lingkungan hormonal. Titik-titik di sel epidermis mewakili butiran pigmen biru insekticyanin. ETH, hormon pemicu ecdysis; EH, hormon eklosi; JH, hormon remaja; EPI, EXO, ENDO, deposisi epikuticle kepompong, exocuticle, dan endocuticle, masing-masing. Angka pada sumbu x mewakili hari.

# 4. VOLTINISME

---

- ❑ Serangga adalah makhluk berumur pendek, yang hidupnya dapat diukur dengan voltinisme (jumlah generasi per tahun).
- ❑ Kebanyakan serangga membutuhkan waktu satu tahun atau kurang untuk berkembang, dengan satu generasi per tahun (serangga univoltine), atau dua (serangga bivoltine), atau lebih dari dua (multivoltine, atau polyvoltine, serangga). Waktu generasi lebih dari satu tahun (semivoltineinsect) pada beberapa penghuni kutub ekstrem, di mana kondisi yang sesuai untuk perkembangan mungkin hanya ada beberapa minggu dalam setiap tahun.
- ❑ Serangga berkembang bergantung pada pola makan, kekurangan nutrient dapat mengakibatkan serangga berkembang perlahan selama bertahun-tahun. Misalnya, jangkrik periodik yang memakan getah dari akar pohon mungkin membutuhkan waktu 13 atau 17 tahun untuk matang, dan kumbang yang berkembang di dalam kayu mati diketahui muncul setelah lebih dari 20 tahun berkembang.
- ❑ Kebanyakan serangga tidak berkembang terus-menerus sepanjang tahun, tetapi menghentikan perkembangan mereka selama waktu yang tidak menguntungkan dengan diam atau diapause.

# 5. DIAPAUSE

- ❑ Perkembangan serangga dari telur menjadi dewasa sering terganggu oleh masa dormansi. Hal ini terjadi terutama di daerah beriklim sedang ketika kondisi lingkungan menjadi tidak sesuai, seperti musim panas ekstrim, suhu tinggi atau rendah, atau kekeringan.
- ❑ Dormansi dapat terjadi di musim panas (estivation) atau di musim dingin (hibernasi), dan mungkin melibatkan diapause.
- ❑ Diapause/diam adalah pembangunan yang terhenti atau diperlambat sebagai respon langsung terhadap kondisi yang tidak menguntungkan, dengan pembangunan dilanjutkan kembali dengan segera kondisi yang menguntungkan kembali.
- ❑ Diapause yang bersifat opsional disebut fakultatif, termasuk banyak serangga bi- atau multivoltin di mana diapause terjadi hanya pada generasi yang harus bertahan hidup dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Diapause fakultatif dapat disebabkan oleh makanan.
- ❑ Diapause dapat berlangsung selama sehari-hari hingga berbulan-bulan atau dalam kasus yang jarang terjadi bertahun-tahun, dan dapat terjadi pada setiap tahap riwayat hidup dari telur hingga dewasa.
- ❑ Diapause telur dan kepompong sering terjadi, karena tahapan ini adalah sistem yang relatif tertutup, dengan hanya gas yang dipertukarkan selama embriogenesis dan metamorfosis, memungkinkan kelangsungan hidup yang lebih baik selama adanya tekanan lingkungan.
- ❑ Pada tahap dewasa, diapause reproduktif menggambarkan penghentian atau penangguhan reproduksi pada serangga dewasa. Dalam keadaan ini, metabolisme dapat dialihkan ke penerbangan migrasi atau hanya dikurangi selama kondisi yang tidak memungkinkan untuk kelangsungan hidup tahap dewasa.

---

TERIMA KASIH...