

Serangga dan Manusia

Dr. Agus Dana Permana
Dr. Ramadhani Eka Putra



PENDAHULUAN

Setiap hari kita selalu bertemu dengan serangga baik secara sadar ataupun tidak sadar. Lalat rumah, kecoa, dan nyamuk merupakan anggota dari serangga yang mungkin sudah menjadi bagian dari kehidupan kita. Walaupun kita sering bertemu dengan hewan-hewan ini, namun mungkin banyak dari kita yang belum tahu apa itu serangga.

Serangga merupakan salah satu organisme yang termasuk dalam Kingdom Animalia, Filum Arthropoda merupakan hewan dikelompokkan dalam kelas Insecta. telah ada di muka bumi ini lama sebelum manusia muncul. Hal ini dibuktikan dari penemuan fosil serangga yang telah berumur sekitar 350 juta tahun sementara manusia baru ada diduga sejak 2 juta tahun yang lalu. Dalam modul ini terutama pada Kegiatan Belajar 1 akan dijelaskan beberapa karakter unik dari serangga yang menjadikan hewan ini menarik banyak orang untuk mempelajari hingga lahirnya entomologi (ilmu serangga) sebagai salah satu cabang ilmu.

Kegiatan Belajar 2 menjelaskan tentang hubungan antara serangga dan manusia. Dengan manusia, serangga mengembangkan suatu bentuk hubungan yang unik di mana kedua makhluk hidup ini dapat dikatakan tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya, baik dalam hal serangga yang merugikan bagi manusia dalam bentuk sebagai hama tanaman maupun sebagai makhluk hidup yang menguntungkan, baik secara langsung maupun tidak langsung bagi kehidupan manusia.

Setelah mempelajari modul ini, secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan tentang serangga dan manusia, sedangkan secara khusus Anda diharapkan dapat:

- menerangkan entomologi sebagai suatu cabang ilmu pengetahuan;
- menjelaskan karakter unik serangga yang menyebabkan mereka sukses di muka bumi;
- menerangkan serangga yang merugikan dan menguntungkan bagi kehidupan manusia.

Modul ini sendiri berguna bagi Anda yang mempelajari serangga sebagai pendahuluan yang memberikan sedikit gambaran tentang apa itu serangga, mengapa banyak orang mempelajarinya, dan apa hubungan antara serangga dan manusia.

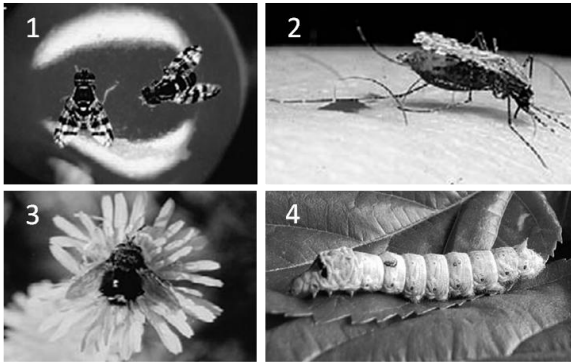
KEGIATAN BELAJAR 1

Mengapa Kita Mempelajari Serangga?

Serangga adalah salah satu kelompok hewan yang paling dominan di muka bumi. Ratusan ribu jenis telah berhasil diidentifikasi, berjumlah sekitar tiga kali dari jumlah seluruh hewan yang telah diketahui. Serangga dapat ditemukan di tanah, air (tawar, payau, dan sejumlah kecil di laut), serta udara. Beberapa serangga yang hidup memakan daun, mengebor batang tanaman, dan hidup di dalam tubuh hewan lain. Boror dkk. (1992), menduga jumlah total jenis serangga dapat mencapai tiga puluh juta jenis.

Manusia sudah sejak lama berjuang melawan serangga yang sering kali bertindak sebagai pengganggu, penular penyakit, maupun pemakan tanaman pertanian, kehutanan dan perkebunan (Gambar 1.1). Walaupun demikian, hingga saat ini manusia tidak mampu menyingkapkan satu jenis serangga. Dengan segala daya upayanya, manusia hanya mampu mengendalikan serangga sampai batas yang tidak merugikan.

Masyarakat sering kali beranggapan bahwa semua serangga adalah perusak yang harus diberantas, walaupun jenis serangga yang menguntungkan jauh lebih banyak. Sebagai contoh, banyak hasil pertanian yang terbantu oleh aktivitas serangga penyerbuk, ada pula serangga yang menghasilkan sutera, madu, lak, lilin, obat-obatan, serta berperan besar proses daur ulang sampah organik. Manusia juga memanfaatkan serangga dari kelompok parasitoid dan predator untuk mengatasi serangga hama. Serangga yang memiliki masa hidup singkat, jumlah keturunan besar, serta struktur tubuh dan fisiologi yang unik, menjadikannya sebagai obyek penting dalam penelitian pada bidang biologi, kedokteran, mekanik, bahkan robot. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pengetahuan modern yang dimiliki oleh manusia sedikit banyak berhutang pada serangga.



Gambar 1.1

Beberapa contoh serangga yang berhubungan langsung maupun tidak langsung dengan kehidupan manusia. (1) Lalat buah (Famili Tephritidae) yang merusak buah, (2) Nyamuk *Anopheles* sp. (Famili Culicidae) yang menjadi vektor penyakit malaria, (3) Lalat Tachinidae yang berperan dalam penyerbukan tanaman, dan (4) Ulat sutera (*Bombyx mori*) yang menghasilkan sutera

Dibandingkan dengan manusia, serangga merupakan hewan yang sangat khusus. Dapat dikatakan bahwa serangga adalah hewan berbentuk terbalik, karena kerangka tubuhnya berada di bagian luar, susunan sarafnya memanjang di bagian bawah tubuhnya, dan organ hatinya terletak di sebelah atas saluran pencernaan. Serangga tidak memiliki paru-paru, tetapi dapat bernafas melalui sejumlah lubang kecil di dinding tubuhnya dan di samping kepala, yang dikenal dengan istilah **trakea**. Pada saat bernapas, udara (oksigen) masuk melalui lubang-lubang tersebut, kemudian disalurkan ke seluruh tubuh langsung ke jaringan-jaringan melalui tumpukan tabung-tabung tipis yang bercabang sehingga darahnya tidak terlalu penting dalam transpor oksigen ke jaringan. Darah serangga sendiri hanya berfungsi sebagai media untuk mengantarkan nutrisi, sistem pertahanan tubuh, dan sistem ekskresi serangga. Serangga juga dapat mencium dengan bantuan antena, beberapa rasa dapat dilakukan melalui bagian tungkai, sebagian bunyi dapat didengarnya dengan organ khusus di perut, tungkai depan atau antena.

Sebagaimana hewan-hewan yang kerangka tubuhnya berada di luar tubuhnya, serangga memiliki ukuran yang relatif kecil. Lebih dari 3/4 kelompok serangga memiliki panjang kurang dari 6 mm. Tubuh yang kecil

ini memberikan keuntungan bagi serangga karena mereka dapat menempati habitat yang tidak dapat ditempati oleh hewan-hewan besar. Secara umum, ukuran panjang tubuh serangga berkisar dari sekitar 0,25-330 mm dengan rentangan sayap antara 0,5-300 mm. Serangga terpanjang adalah dari anggota Familia Phasmatidae, yang ditemukan di Kalimantan dengan panjang 330 mm, sementara serangga dengan rentang sayap terbesar adalah sejenis ngengat yang ditemukan di Amerika Utara yang memiliki rentangan sayap 150 mm (sementara catatan fosil mencatat satu fosil capung memiliki panjang sayap 760 mm).

Serangga adalah satu-satunya hewan avertebrata (tidak bertulang belakang) yang memiliki sayap. Proses terbentuknya sayap ini secara evolusi berbeda dengan sayap hewan vertebrata (burung, kelelawar, dan lain-lain). Sayap hewan vertebrata merupakan modifikasi dari tungkai depan, sedangkan pada serangga merupakan penambahan sepasang tungkai.

Warna dari serangga sangat bervariasi dari abu-abu lusuh hingga sangat terang, tidak ada seekor hewan di dunia ini yang memiliki warna secerah serangga. Beberapa serangga terlihat sangat gemerlap berwarna-warni, seperti perhiasan. Warna dan bentuk serangga sering kali digunakan sebagai inspirasi para seniman. Salah satu kupu-kupu yang sangat indah dan hampir punah hidup di Pegunungan Arfak, Papua, yaitu kupu-kupu sayap burung, *Ornitophoras* spp. Beberapa jenis dari kupu-kupu ini, yaitu *Ornitophoras paradisea* dan *Ornitophoras goliath* merupakan serangga yang dilindungi dan telah masuk ke dalam daftar CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*). Kupu-kupu sayap burung ini telah berhasil dikembangkan secara alamiah di habitat aslinya.

Serangga termasuk ke dalam golongan hewan berdarah dingin. Saat suhu lingkungannya menurun, suhu tubuh serangga juga ikut menurun yang menyebabkan proses fisiologis menjadi rendah. Namun demikian, kita kenal berbagai jenis serangga dapat tahan hidup pada suhu rendah (dingin), walaupun hanya untuk periode tertentu saja. Hal ini dikarenakan serangga mampu menyimpan senyawa gliserol dalam jaringan tubuhnya. Senyawa kimia tersebut sering kali digunakan sebagai senyawa tambahan dalam air radiator kendaraan, khususnya di negara empat musim, untuk mencegah membekunya air pada radiator selama musim dingin.

Dalam hal kemampuan melakukan reproduksi, serangga merupakan hewan yang sangat menakjubkan. Beberapa hal unik pada kemampuan reproduksi dari serangga (berbeda untuk setiap jenis) adalah sebagai berikut.

1. Jumlah telur fertil yang diletakkan oleh setiap betina bervariasi dari satu hingga ribuan.
2. Lama waktu satu generasi bervariasi dari beberapa hari hingga tahunan. Bila alam tidak melakukan mekanisme untuk mengendalikan jumlah serangga maka serangga dapat menutupi seluruh permukaan bumi. Sebagai contoh, pada kondisi yang ideal, lalat buah (*Drosophila*) dapat menghasilkan 25 generasi setiap tahun. Apabila setiap betina dapat menghasilkan sampai 100 telur, dengan nisbah kelamin 50 : 50, maka dari satu pasang lalat ini (tanpa memperhitungkan mortalitas), akan dihasilkan 100 individu generasi kedua, 5000 generasi ketiga, demikian seterusnya. Sehingga pada generasi ke-25 (setelah satu tahun), akan dihasilkan sekitar $1,92 \times 10^{41}$ individu lalat.
3. Perbandingan individu betina pada setiap generasi untuk menghasilkan keturunan betina kembali pada generasi berikutnya dapat dikendalikan, bahkan ada serangga yang mampu menghasilkan keturunan 100% betina, contohnya lebah madu.
4. Beberapa jenis serangga dari kelompok tawon dapat menghasilkan 18-60 individu dari satu telur. Hal ini merupakan suatu keunikan tersendiri karena pada hewan lain umumnya satu telur yang fertil akan berkembang menjadi satu individu. Pada manusia dan beberapa jenis hewan, kadang kala dapat terjadi peristiwa kelahiran kembar dua, atau tiga, atau empat.
5. Pada beberapa jenis dari ordo Coleoptera atau bangsa kumbang (*Micromalthus*, *Phengodes*, *Thylodrias*), dapat terjadi proses reproduksi yang disebut **paedogenesis**, yaitu reproduksi yang dilakukan oleh larva.

Secara alamiah, tergantung pada jenisnya serangga, siklus hidup serangga bervariasi, mulai dari yang sederhana hingga yang mengalami perkembangan kompleks. Perkembangan serangga melibatkan perubahan bentuk yang dikenal dengan istilah **stadium**. Seluruh proses perubahan tersebut dikenal sebagai proses **metamorfosis**. Stadium terdiri dari telur, larva, pupa atau nympha, dan dewasa. Setiap stadium memiliki makanan dan habitat yang berbeda. Contoh yang paling nyata adalah perkembangan kupu-kupu. Pada kupu-kupu, telur menetas dan berubah bentuk menjadi "ulat" atau larva, yang berbentuk seperti cacing. Ulat tersebut akan selalu makan dan bertambah ukurannya sehingga secara periodik berganti kulit untuk

menyesuaikan dengan ukuran tubuhnya. Pada masa akhir pertumbuhannya, ukuran ulat ini dapat membesar hingga 100 kali. Selanjutnya ulat ini berubah menjadi bentuk "kepompong" atau **pupa** yang dilapisi kokon. Pada stadium ini, ulat akan menghasilkan sejenis senyawa yang menghancurkan tubuhnya sebagai bahan dasar untuk membentuk organ-organ serangga dewasa. Dari kepompong, pupa akan menetas menjadi kupu-kupu dewasa. Pada stadium dewasa, ukuran tubuh serangga tidak akan bertambah lagi. Hal ini berlaku tidak hanya pada kupu-kupu akan tetapi pada seluruh serangga.

Serangga memiliki variasi makanan dan cara makan yang berbeda antar jenis. Kebanyakan serangga memakan tumbuhan atau disebut **phytophagus** atau **herbivor**. Hampir seluruh bagian tumbuhan (akar, batang, dan daun) dapat dimakan oleh berbagai jenis serangga. Ribuan serangga juga dapat memakan hewan lain atau disebut dengan **karnivor** atau **predator**. Beberapa serangga dapat memangsa serangga jenis lainnya, disebut sebagai serangga predator, atau hidup sebagai parasit pada serangga lainnya, yang dikenal sebagai **parasitoid**. Banyak serangga memakan darah hewan vertebrata, seperti nyamuk, kutu, dan tungau.

Dalam hal mempertahankan diri terhadap musuh alaminya, serangga memiliki cara yang sangat menarik dan efektif. Banyak serangga dapat mengelabui musuhnya dengan berpura-pura mati, yaitu dengan menjatuhkan diri dan tidak bergerak atau membentuk posisi tertentu sehingga terlihat mati. Ada juga serangga yang mengubah warna tubuh maupun sayapnya, mengeluarkan senyawa kimia sebagai alat pertahanan yang menimbulkan bau tidak sedap atau beracun bagi musuhnya. Salah satu alat pertahanan serangga yang paling dikenal adalah **sengat** yang terdapat pada lebah, tawon, dan beberapa jenis semut. Organ ini biasanya merupakan modifikasi dari alat **ovipositor** yang berguna bagi serangga betina untuk meletakkan telurnya. Organ ini terletak di bagian **posterior** pada ujung perut.

Serangga juga memiliki kemampuan untuk berkomunikasi. Pada umumnya, serangga memiliki sistem atau cara berkomunikasi menggunakan senyawa kimia yang dikenal dengan nama **feromon**. Setiap feromon memiliki perbedaan pada fungsi, antara lain untuk mengenali lawan jenisnya (**feromon seksual**), sedang untuk mengenali jenis dari populasi lain atau kelompoknya (**feromon jejak**), sebagai feromon tanda bahaya dan lainnya. Selain feromon, serangga juga dapat berkomunikasi dengan bantuan suara dan cahaya.

Penjelasan di atas adalah beberapa cara serangga beradaptasi untuk mempertahankan hidupnya. Keseluruhan proses adaptasi serangga, seperti cara reproduksi, biologi dari serangga itu sendiri, cara mendapatkan habitat dan makanan, teknik perkawinan dan meletakkan telur, serta perkembangannya atau proses metamorfosisnya, merupakan sesuatu bahan yang menarik untuk dipelajari dan gejala alam yang memiliki nilai ilmu yang sangat tinggi.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Mengapa serangga dikatakan sebagai kelompok hewan yang khusus? Jelaskan!
- 2) Jelaskan bagaimana peranan serangga terhadap kehidupan manusia?
- 3) Jelaskan bagaimana cara serangga beradaptasi untuk mempertahankan hidupnya?
- 4) Terangkan beberapa keunikan dari reproduksi serangga!
- 5) Jelaskan tentang proses perkembangan pada kupu-kupu!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab latihan tersebut, silakan Anda pelajari kembali tentang materi:

- 1) Entomologi sebagai Ilmu pada bagian pendahuluan.
- 2) Peranan serangga dalam kehidupan sehari-hari.
- 3) Kemampuan serangga dalam bereproduksi, mempertahankan diri, mencari makan, dan sebagainya.



RANGKUMAN

Hubungan antara manusia dan serangga tidak dapat dipisahkan, baik dalam hal yang menguntungkan maupun yang merugikan. Sebagai dua organisme yang sukses di muka bumi, maka terdapat kesamaan dalam hal pemenuhan kebutuhan. Perkembangan kebudayaan manusia justru

meningkatkan hubungan antara kedua makhluk ini. Oleh karena itu, pengetahuan akan dunia serangga sangat diperlukan untuk mengetahui pengelolaan serangga baik yang menguntungkan maupun yang merugikan.

Serangga memiliki banyak kelebihan yang menjadikan mereka sebagai pesaing utama manusia dalam memperebutkan sumber daya alam yang ada. Kelebihan dari serangga tersebut antara lain kemampuan reproduksi yang tinggi, daya adaptasi yang tinggi, variasi makanan yang tinggi, siklus hidup yang dapat pendek, kemampuan melakukan metamorfosis, dan kemampuan untuk mengendalikan proporsi jantan dan betina yang dihasilkan.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Berikut adalah karakter serangga, *kecuali*
 - A. memiliki masa hidup singkat
 - B. struktur tubuh sederhana
 - C. jumlah keturunan tinggi
 - D. memiliki ukuran yang relatif kecil
- 2) Contoh dari serangga yang menguntungkan adalah
 - A. Lalat buah (Familia Tephritidae)
 - B. Lalat Tachinidae
 - C. *Anopheles* sp.
 - D. *Drosophila*
- 3) Hal-hal unik pada kemampuan reproduksi dari serangga adalah sebagai berikut, *kecuali*
 - A. setiap betina mampu menghasilkan satu hingga ribuan telur fertil
 - B. ada serangga yang mampu menghasilkan keturunan 100% betina
 - C. terdapat proses reproduksi yang dilakukan oleh larva
 - D. perbandingan serangga jantan dan betina yang dihasilkan melalui proses reproduksi selalu sama
- 4) Belalang terpanjang yang ditemukan di Kalimantan, berasal dari familia
 - A. Hemiptera
 - B. Phasmatidae

- C. Miridae
 - D. Veliidae
- 5) Pada dasarnya, sayap pada serangga merupakan
- A. modifikasi dari tungkai depan
 - B. modifikasi dari tungkai belakang
 - C. penambahan sepasang tungkai
 - D. struktur independen yang bukan merupakan hasil modifikasi atau penambahan struktur lain
- 6) Serangga memangsa serangga atau hewan lain tergolong ke dalam kelompok
- A. karnivor
 - B. herbivor
 - C. dendritivor
 - D. nectarivor
- 7) Fungsi utama dari gliserol pada jaringan tubuh serangga adalah
- A. menurunkan titik beku darah
 - B. menaikkan suhu tubuh
 - C. memperlancar peredaran darah
 - D. berperan dalam proses terbang
- 8) Serangga dewasa pada umumnya bernapas menggunakan
- A. paru-paru
 - B. insang
 - C. trakea
 - D. gabungan insang dan paru-paru
- 9) Berikut adalah fungsi utama dari darah serangga, *kecuali*
- A. menghantarkan oksigen ke jaringan tubuh serangga
 - B. menghantarkan bahan makanan ke jaringan tubuh serangga
 - C. berperan dalam sistem pertahanan tubuh serangga
 - D. membantu mengeluarkan senyawa racun dari tubuh serangga
- 10) Pernyataan yang tidak tepat seputar metamorfosis serangga adalah
- A. tugas utama dari larva serangga adalah makan
 - B. dalam fase kepompong, ulat akan menghasilkan senyawa yang dapat menghancurkan diri mereka sendiri

- C. metamorfosis sempurna ditandai dengan perubahan pada bentuk tubuh dan makanan yang dikonsumsi
- D. kupu-kupu yang dihasilkan dari proses metamorfosis sempurna akan tumbuh mencapai ukuran tertentu sebelum kawin

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2**Hubungan Serangga dan Manusia**

Dari sekitar 5-10 juta jenis serangga yang diperkirakan hidup di muka bumi, diduga tidak sampai 1% darinya berinteraksi secara langsung maupun tidak langsung dengan manusia. Manusia mendapatkan keuntungan secara langsung maupun tidak langsung dengan keberadaan serangga. Tanpa adanya serangga, kelangsungan kehidupan manusia tidak dapat terjadi. Contoh yang paling nyata adalah penyerbukan. Albert Einstein pernah berkata bahwa “manusia tidak dapat bertahan hidup lebih dari satu bulan bila tidak ada serangga-serangga yang menyerbuki tumbuhan”. Pernyataan Einstein ini ada benarnya, karena membantu penyerbukan lebih dari 67% dari total tumbuhan berbunga yang ada (Kearns & Inouye, 1997), baik secara langsung maupun tidak langsung yang menghasilkan lebih dari 80% produk makanan yang dikonsumsi oleh manusia.

Serangga juga menghasilkan produk-produk yang langsung dimanfaatkan manusia, seperti madu, lak, sutera, dan bahan pencelup. Banyak jenis serangga merupakan parasitoid atau predator, yang secara alamiah mengendalikan serangga hama dan tanaman pengganggu (gulma). Selain itu banyak juga serangga yang berperan besar dalam membantu proses pelapukan dan dekomposisi.

Serangga juga menjadi mangsa dari beberapa jenis burung, ikan, dan hewan lainnya, termasuk manusia (di beberapa daerah). Beberapa jenis serangga banyak digunakan oleh para peneliti dalam mempelajari dan menyelesaikan berbagai permasalahan dalam bidang genetika, evolusi, sosiologi, ekologi, polusi, dan kedokteran. Karena bentuk dan warnanya, beberapa jenis serangga juga digunakan sebagai sumber inspirasi oleh para seniman, perancang busana, selain menjadi barang koleksi.

Di lain pihak, diperkirakan sekitar 10.000 serangga dapat dikategorikan sebagai serangga pengganggu. Kategori tersebut muncul, karena serangga berkompetisi dengan manusia untuk memperoleh makanan. Kadang kala dalam proses ini serangga mengonsumsi berbagai jenis tanaman yang bernilai ekonomis bagi manusia, selain sebagai perantara (vektor) bagi berbagai penyakit tanaman (diperkirakan 12% dari hasil makanan, kayu, dan serat alam rusak oleh serangan serangga). Serangga juga menyerang kepentingan manusia lainnya, termasuk rumah, pakaian, makanan yang disimpan di

gudang dan diperkirakan 20% produk yang disimpan di gudang rusak oleh serangga dengan total kerugian diperkirakan sebesar 31 miliar dolar dan 9 miliarnya dihabiskan untuk konsumsi insektisida, (Pimentel, 2002). Di samping itu, serangga menyerang hewan ternak dan menjadi vektor berbagai penyakit berbahaya bagi manusia maupun hewan ternak peliharaan. Karena manusia memiliki kecenderungan untuk mengingat segala sesuatu yang merugikan maka sering kali peran positif dari serangga terlupakan. Pada modul ini, akan dibahas topik serangga yang berguna dan serangga yang merugikan bagi manusia.

A. SERANGGA BERGUNA

Untuk menghitung dampak positif serangga terhadap kehidupan manusia dalam bentuk “rupiah” sangatlah sukar. Dalam hubungannya dengan proses penyerbukan, di Amerika Serikat pernah diprediksi bahwa setiap tahun sumbangan serangga penyerbuk dapat mencapai 19 miliar US\$, dan dalam bentuk produk komersial mencapai 300 juta US\$. Dalam peranannya sebagai agensia pengendali hama dan gulma, serta sebagai obyek dalam bidang penelitian, nilai serangga sangat sulit untuk di-”rupiah”-kan.

1. Serangga Penyerbuk

Terdapat dua kelompok besar tumbuhan, yaitu tumbuhan tak berbunga (*Gymnospermae*) dan tumbuhan berbunga (*Angiospermae*). Di antara kedua kelompok tumbuhan ini, tumbuhan berbunga merupakan kelompok yang paling dominan. Diyakini, dominansi tumbuhan berbunga ini merupakan hasil dari proses penyerbukan (polinasi) yang dikembangkan oleh kelompok tumbuhan ini. Inti dari proses penyerbukan adalah transfer serbuk, yang merupakan sel-sel genitalia jantan, dari stamen ke stigma (putik). Dari stigma, serbuk sari akan turun ke bagian bawah di mana terdapat sel-sel genitalia betina. Peristiwa tersebut berlangsung pada hampir seluruh tanaman sebelum bunga menjadi biji. Dalam perkembangan biji, jaringan-jaringan di sekitar biji berkembang menjadi daging buah yang merupakan sumber makanan bagi biji.



Sumber:

<http://www.auseco.com.au/?action=document.view&id=237&>

<http://www.surfbirds.com/blogs/mbalame/pollen20070618sm53.JPG>

http://www.bbsrc.ac.uk/web/multimediafiles/091001_honeybee3.jpg

<http://livingprairie.ca/livinglandscape/hikes/images/pollination.jpg>

Gambar 1.2
Contoh Serangga-serangga yang Berperan Besar dalam
Proses Penyerbukan Tanaman

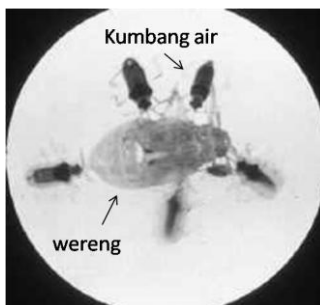
Beberapa tanaman bergantung pada satu jenis atau tipe serangga polinator, sedangkan tanaman lainnya bergantung pada beberapa jenis serangga polinator lain (Gambar 1.2). Beberapa tanaman dapat melakukan polinasi dengan pertolongan angin, seperti jagung, gandum, beberapa jenis rumput, dan pepohonan dari pinus (*Conifera*). Banyak jenis tanaman lain yang sangat bergantung pada serangga sebagai polinator, misalnya tanaman buah-buahan (apel, jeruk, dan melon) tanaman sayuran (kubis, bawang, wortel, dan mentimun), dan tanaman industri (tembakau, cengkeh, dan kelapa sawit).

Lebah merupakan salah satu serangga polinator yang banyak melakukan polinasi pada tanaman, misal lebah madu (*Apis mellifera*) adalah jenis penyerbuk yang sangat penting, karena banyak jenis tanaman memerlukan serangga ini. Beberapa jenis tawon (**wasp**), beberapa jenis ngengat (mikrolepidoptera), serta lalat (**flies**) dapat pula berperan sebagai serangga polinator.

2. Serangga Entomopatogen

Dari penjelasan di atas, sudah diketahui bahwa serangga memiliki kemampuan reproduksi yang tinggi sehingga berpotensi untuk menutupi seluruh permukaan bumi. Akan tetapi kita tidak pernah menemukan hal tersebut karena alam memiliki mekanisme untuk menekan populasi serangga dengan menggunakan musuh alami dari serangga tersebut. Pengetahuan ini dimanfaatkan oleh manusia untuk mengendalikan serangga-serangga hama. Serangga-serangga yang digunakan untuk mengendalikan populasi dari serangga atau hewan lain dikenal dengan istilah serangga entomopatogen.

Walaupun tergolong baru, pemanfaatan serangga-serangga entomopatogen untuk mengatasi masalah hama di Indonesia sudah dilakukan. Beberapa contoh dari serangga-serangga tersebut adalah (1) penggunaan kumbang dari Famili *Cochinelidae* dalam mengendalikan kutu loncat, *Aphis gossypii* pada tanaman lamtoro, (2) Nimfa dari kepinding mirid, *Cryptorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae) yang digunakan untuk pengendalian populasi wereng, (3) beberapa jenis anggang-anggang, seperti (*Microvelia douglasi atrolineta* Bergroth (Hemiptera: Veliidae), *Mesovelia vittigera* Howarth (Hemiptera: Mesoveliidae), dan *Limnogonus fossarum* Fabricius (Hemiptera: Gerridae) digunakan untuk mengendalikan populasi telur, nimfa, dan dewasa dari wereng (Gambar 1.3), (4) capung sebagai predator handal bagi semua stadia wereng, (5) banyak jenis tabuhan (ordo Hymenoptera) dari Familia Braconidae merupakan parasitoid dari berbagai serangga hama utama pada tanaman pangan, sayur-sayuran, hortikultura, buah-buahan, dan kehutanan.



Sumber:

<http://www.knowledgebank.irri.org/ipm/images/stories/beneficials/image019.jpg>.

Gambar 1.3
Kumbang air yang sedang memangsa wereng

Kelebihan dari penggunaan serangga entomopatogen sebagai pengendali serangga hama adalah:

- a. dapat berkesinambungan bila serangga-serangga tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Kesenambungan ini memberikan efek lanjutan, yaitu turunnya biaya produksi akibat tidak ada lagi biaya untuk aplikasi insektisida;
- b. bila seluruh persyaratan dipenuhi, metode ini aman terhadap lingkungan;
- c. dapat meningkatkan nilai jual produk pertanian, dengan tingginya perhatian konsumen terhadap masalah lingkungan dan kesehatan.

Walaupun demikian, terdapat efek negatif dari penggunaan serangga sebagai musuh alami, yaitu:

- a. Efek negatif terhadap hewan-hewan asli atau lokal melalui kompetisi dan perkawinan silang.
- b. Serangga-serangga ini dapat menjadi hama,

Oleh karena itu, penggunaan serangga sebagai musuh alami perlu dikaji secara detail sebelum aplikasi.

3. Serangga Pengurai Senyawa Organik

Salah satu proses penting di alam yang belum dapat dilakukan sepenuhnya oleh manusia adalah proses pembentukan tanah. Proses pembentukan tanah sendiri merupakan proses lanjutan dari proses penguraian. Proses penguraian diartikan sebagai proses penghancuran senyawa organik dari makhluk hidup yang telah mati. Pada proses ini, senyawa organik diubah menjadi CO₂, gas-gas, air, mineral, dan energi. Dalam proses ini, serangga dan mikroba memainkan peranan penting sebagaimana dilaporkan Vossbrinck (1979), bahwa hanya 5% dari sampah organik akan terurai bila tidak terdapat serangga dan mikroba.

Peran serangga dalam proses dekomposisi sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas mereka. Banyak serangga menggunakan sampah-sampah organik sebagai sumber makanan, menggali tanah untuk membuat sarang, dan memindahkan sampah-sampah tersebut. Kegiatan serangga ini menghasilkan kotoran, meningkatkan jumlah pori-pori pada tanah yang berfungsi meningkatkan aliran udara pada tanah, meningkatkan daya tampung air, dan menyediakan habitat untuk sebagai tumbuh bagi jamur dan

bakteri. Sehingga dapat dikatakan bahwa peran serangga pengurai sangat penting dalam menjaga kestabilan biologi di alam.

4. Serangga sebagai Makanan Manusia

Di banyak daerah di dunia, serangga seperti belalang, larva kumbang, ulat, larva semut, tawon dan lebah, rayap, dan berbagai serangga air secara tradisi memainkan peran penting sebagai makanan manusia (DeFoliart, 1992, 1999).

Beberapa contoh dari bangsa yang memanfaatkan serangga sebagai makanan, antara lain adalah (1) suku Aborigin yang mengonsumsi ngengat bogong (*Agrotis infusa*) dalam jumlah besar antara bulan Desember sampai Februari (Flood, 1980), (2) pada beberapa Negara di Afrika (Botswana, Afrika Selatan, Zaire, dan Zimbabwe) terdapat pasar yang cukup besar untuk ulat mopanie (*Gonimbrasia bellina*) yang dapat mengalahkan penjualan sapi pada saat musimnya (Ruddle, 1973), (3) serangga juga banyak dikonsumsi oleh banyak penduduk di berbagai negara di Asia, (4) di Meksiko, "gusanos de maguey" adalah sejenis ulat daun pohon "maguey" (*Aegiale hesperiaris*) yang banyak dijual segar di pasar. Pengolahannya digoreng sebelum dimakan bahkan ada yang dijual dalam kaleng, dan (5) di Indonesia banyak penduduk di beberapa daerah pulau Jawa gemar memakan "laron" yaitu serangga dewasa dari rayap yang banyak terbang pada malam hari di saat hujan selalu mendekati arah cahaya. Ada pula penduduk yang memakan ulat jati. Di daerah Gunung Kidul, masyarakat mengonsumsi belalang yang digoreng.

Beberapa peneliti, seperti Taylor dan Carter (1976), DeFoliart (1992, 1999), dan Berenbaum (1995) telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan popularitas dari serangga sebagai sumber makanan pengganti karena dibandingkan dengan hewan ternak pedaging umumnya, serangga memiliki efisiensi tinggi dalam mengonsumsi tumbuhan menjadi daging yang memiliki nilai nutrisi tinggi (Tabel 1.1 dan 1.2). Akan tetapi, usaha ini tidak berhasil seiring dengan meningkatnya pengaruh barat pada daerah-daerah miskin sehingga mengubah pola makan dari masyarakat setempat. Hal ini selanjutnya dapat memunculkan konsumsi serangga yang mungkin dapat menimbulkan masalah nutrisi (DeFoliart, 1999) selain perubahan fungsi lahan dengan penambahan jumlah lahan yang digunakan untuk peternakan bagi pemenuhan kebutuhan protein.

Tabel 1.1
Kandungan Nutrisi pada Serangga-serangga yang Umum Dikonsumsi oleh Masyarakat Afrika per 100 gram

Jenis Hewan	Energi (Kcal)	Protein (g)	Iron (mg)	Thiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin
Rayap (<i>Macrotermes subhyalinus</i>)	613	14.2	0.75	0.13	1.15	0.95
Ulat (<i>Usata terpsichore</i>)	370	28.2	35.5	3.67	1.91	5.2
Kumbang (<i>Rhynchophorus phoenicis</i>)	562	6.7	13.1	3.02	2.24	7.8
Sapi (<i>Lean ground</i>)	219	27.4	3.5	0.09	0.23	6
Ikan (<i>Broiled cod</i>)	170	28.5	1	0.08	0.11	3

Tabel 1.2
Kandungan Nutrisi dari Serangga-Serangga yang Umum Ditemukan

Jenis Serangga	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat	Calcium (mg)	Iron (mg)
Kumbang air	19.8	8.3	2.1	43.5	13.6
Semut merah	13.9	3.5	2.9	47.8	5.7
Pupa Ulat Sutera	9.6	5.6	2.3	41.7	1.8
Kumbang kotoran	17.2	4.3	0.2	30.9	7.7
Jangkrik	12.9	5.5	5.1	75.8	9.5
Belalang kecil	20.6	6.1	3.9	35.2	5
Belalang besar	14.3	3.3	2.2	27.5	3

5. Serangga sebagai Obyek Penelitian

Banyak jenis serangga digunakan sebagai obyek penelitian yang menghasilkan penemuan-penemuan penting, tidak hanya di bidang Biologi seperti genetika, fisiologi, ekologi, dan evolusi, tetapi juga di bidang lain, seperti kedokteran, forensik, dan robot. Sifat-sifat biologi dari serangga memudahkan para peneliti menggunakan serangga sebagai obyek penelitiannya.

6. Serangga sebagai Seni dan Hobi

Banyak jenis kupu-kupu, kumbang, dan serangga lainnya merupakan bahan koleksi bagi para pencinta serangga. Motif warna yang ada pada berbagai serangga, sering kali dijadikan bahan inspirasi bagi para pencipta model pakaian perhiasan (Gambar 1.4).



Sumber:

<http://www.johncoulthart.com/feuilleton/2008/09/23/kelly-mccallums-insect-art/>.
<http://digitalart.org/art/56636/fantasy/concept-art-for-insect-race/>.
http://files.vector-images.com/cd_samples/animalflames_insects.gif.

Gambar 1.4

Beberapa contoh karya seni yang diinspirasi oleh serangga

5. Produk Komersial yang Dihasilkan Serangga

a. Madu, lilin, dan serbuk sari

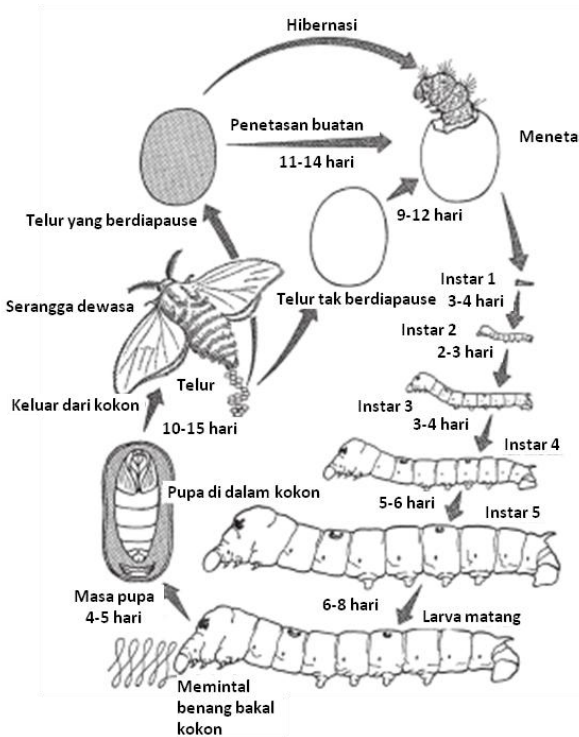
Madu merupakan salah satu produk yang dihasilkan oleh lebah madu dan menjadi salah satu industri tertua di muka bumi ini. Lebah madu sendiri berasal dari Afrika, sebagian besar Eropa (kecuali Eropa Utara), dan Asia Barat. Pemeliharaan lebah madu dilakukan pertama kali oleh bangsa Mesir kuno. Pada tahun 2001, diperkirakan total produksi madu dunia adalah 1,25 juta ton dengan nilai mencapai 4 miliar dolar. Penghasil madu terbesar di dunia adalah China, disusul oleh Rusia, dan Amerika Serikat di peringkat ketiga.

Selain madu, lebah juga menghasilkan lilin dan polen. Tingkat produksi lilin lebah adalah 1 kg untuk setiap 50 sampai 100 kg madu dan harga dari produk ini dapat mencapai 3 kali harga madu. Lilin lebah banyak digunakan

untuk industri lilin, lem, beberapa jenis tinta, dan kosmetik. Sementara itu, polen yang dihasilkan juga merupakan produk yang bernilai ekonomi tinggi (diperkirakan bernilai 10 juta dolar per tahun). Polen tidak hanya digunakan sebagai makanan tambahan dalam pemeliharaan koloni lebah madu, akan tetapi juga digunakan dalam industri suplemen makanan. Selain itu, lebah juga menghasilkan propolis (lem lebah), racun (digunakan untuk terapi alergi sengat lebah), dan royal jelly yang ditambahkan pada beberapa suplemen makanan (Gochnaeur dalam Pimentel, 1991).

b. Sutera

Sutera merupakan salah satu produk ekonomi penting dunia selama 4700 tahun. Sutera berasal dari Cina Kuno dan merupakan benang yang menyelimuti pupa ulat sutera (*Bombyx mori*) dikenal sebagai kokon, (Gambar 1.5).



Gambar 1.5
Siklus hidup ulat sutera (*Bombyx mori*)

Pada awalnya, Cina menjaga rahasia produksi sutera selama kurang lebih 3000 tahun, sampai rahasia tersebut berhasil diselundupkan ke Jepang pada tahun 300 Masehi, India pada tahun 400 Masehi, dan mencapai Eropa (Spanyol) pada tahun 800 Masehi. Pada tahun 1998, diperkirakan jumlah total produksi sutera dunia mencapai 72.000 ton (Feltwell, 1990).

Tingginya nilai sutera disebabkan karena kain sutera ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain memunculkan kesan mewah, ringan, tahan lama, dan sangat kuat (diyakini sehelai sutera memiliki kekuatan lebih tinggi daripada sehelai baja).

c. *Lak*

Lak dapat diproduksi dari hasil sekresi suatu serangga *Laccifer lacca*. Serangga tersebut hidup di daun ara yang banyak ditemukan di India, Burma, Taiwan, Sri Lanka dan Filipina. Dari ranting pohon yang terdapat serangga ini dikoleksi "bakal lak", dilarutkan, kemudian dikeringkan dan diproses di pabrik untuk dijadikan lak.

d. *China wax (lilin cina)*

Bangsa Cina, terutama di provinsi Sichuan telah memanfaatkan lilin yang dihasilkan oleh pela wax scale (*Ericerus pela*) selama lebih dari 1000 tahun. Umumnya lilin ini digunakan untuk menghasilkan lilin bagi pencahayaan. Sampai awal 1900, produksi lilin ini dapat mencapai lebih dari 6000 ton. Pada awal tahun 1940, dengan ditemukannya parafin dan listrik, penggunaan lilin ini semakin menurun, sehingga pada saat ini hanya sekitar 500 ton dihasilkan dalam setahun. Sekarang, lilin ini digunakan pada berbagai industri, obat-obatan, dan keperluan pertanian. Sebagai contoh, lilin ini digunakan sebagai pelapis untuk perlengkapan yang memerlukan presisi tinggi, pelindung untuk kabel dan perlengkapan listrik, bahan untuk menghasilkan kertas lilin, bahan untuk pelitur dan pelapis bagi permen dan pil (Qin dalam Ben-Dov & Hodgson, 1994).

e. *Produk lain yang dihasilkan oleh serangga*

Beberapa serangga menghasilkan bahan pencelup, yaitu serangga sejenis kumbang kecil, *Dactylopius coccus*, yang dapat menghasilkan suatu bahan pencelup. Serangga tersebut hidup di daerah Meksiko. Sekarang ini bahan pencelup tersebut banyak diganti dengan anilin.

Beberapa obat-obatan dapat pula diproduksi dari serangga, misalnya: a) serangga *Lytia vesicatoria* yang menghasilkan "spanishfly", semacam obat perangsang, b) senyawa kimia "Cantharidin" yang dihasilkan oleh kumbang dari familia Meloidae digunakan sebagai obat penyakit pada sistem urogenital, c) bisa lebah yang digunakan sebagai bahan obat penyakit "arthritis", dan d) allantoin yang dihasilkan oleh lalat dari famili Calliphoridae yang digunakan sebagai bahan obat penyakit "osteomyelitis".

B. SERANGGA MERUGIKAN

Seiring perkembangan peradaban manusia, serangga telah menyerang manusia, bersaing dengan manusia untuk makanan dan sumber daya alam yang lain, serta bertindak sebagai vektor penyakit bagi hewan ternak dan manusia. Pada awalnya efek dari serangga-serangga merugikan ini tidak terlalu besar. Akan tetapi dengan perkembangan dan pergerakan populasi manusia menyebabkan pengaruh dari serangga-serangga vektor penyakit menjadi semakin nyata. Pertanian dalam skala besar dan sistem tanam monokultur menyebabkan ledakan serangga hama dan penyakit tanaman yang ditularkan oleh serangga. Masalah ini semakin kompleks dengan peningkatan mobilitas manusia.

1. Serangga sebagai Hama Tanaman

Hampir seluruh tanaman yang dibudidayakan manusia juga dikonsumsi oleh serangga. Serangga-serangga tersebut dikelompokkan menjadi serangga herbivor atau serangga phytophagus. Kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga dalam bentuk serangan yang dilakukan oleh serangga dewasa maupun larva. Secara tidak langsung serangga juga dapat berperan sebagai vektor bagi banyak penyakit tanaman. Tingkat kerusakan akibat serangan serangga tersebut dapat berupa penurunan hasil produksi sampai kematian dari tanaman tersebut.

Kebanyakan kerusakan tanaman disebabkan karena tanaman tersebut dimakan oleh serangga. Tipe kerusakan dan metode pengendalian akan dijelaskan pada Modul 8 tentang Entomologi Terapan.

Kerusakan tanaman oleh serangga dapat pula menyebabkan masuknya organisme patogen lain ke dalam tanaman. Diketahui terdapat sekitar 200 penyakit tanaman yang disebarkan oleh serangga vektor. Tiga cara penyakit tanaman masuk ke dalam tanaman yang disajikan pada Tabel 1.3, yaitu:

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

Tabel 1.3
Contoh penyakit tanaman yang ditularkan oleh serangga
(data dari Gillot, 1980).

	Penyakit	Inang	Vektor	Distribusi
Virus	<i>Alfala mosaic</i>	Alfalfa, tembakau, kentang, buncis, dan kacang polong	Kutu daun, antara lain <i>Acyrtosiphon primulae</i> , <i>Acyrtosiphon solani</i> , <i>Aphis craccivora</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , <i>Macrosiphum pisi</i> , <i>Myzus ornatus</i> , <i>Myzus persicae</i> , dan <i>Myzus violae</i>	Seluruh dunia
	<i>Barley yellow dwarf</i>	Barley, gandum, dan rumput	Kutu daun, antara lain <i>Macrosiphum granarium</i> , <i>Macrosiphum miscanthi</i> , <i>Myzus circumflexus</i> , <i>Rhopalosiphum padi</i> , dan <i>Rhopalosiphum medis</i>	Amerika Utara, Australia, Denmark, Belanda, dan Inggris

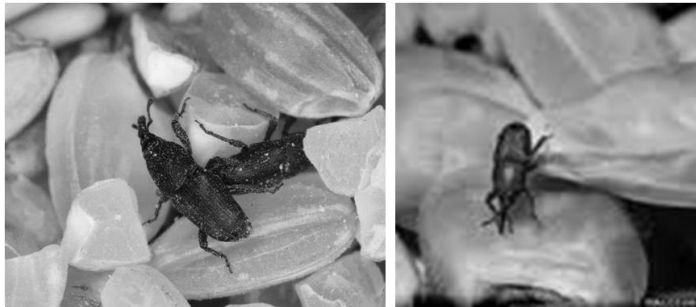
	Penyakit	Inang	Vektor	Distribusi
	<i>Bean common mosaic</i>	Buncis	Kutu daun, antara lain <i>Aphis rumicis</i> , <i>Macrosiphum pisi</i> , dan <i>Macrosiphum gei</i>	Seluruh dunia
	<i>Beet yellows</i>	Bayam, dan sugarbeet	Kutu daun, antara lain <i>Aphis fabae</i> , dan <i>Myzus persicae</i>	Di mana pun terdapat tanaman sugarbeet
	<i>Cauliflower mosaic</i>	Kembang kol, dan kubis	Kutu daun, antara lain <i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Rhopalosiphum pseudobrassicae</i> , dan <i>Myzus persicae</i>	Eropa, Amerika Serikat, dan Selandia Baru
	<i>Dahlia mosaic</i>	Dahlia	Kutu daun, antara lain <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Macrosiphum gei</i> , dan <i>Myzus convolvuli</i>	Di mana pun terdapat tanaman dahlia
	<i>Lettuce mosaic</i>	Selada, kacang polong manis, kacang polong hijau, dan aster	Kutu daun, antara lain <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> , dan <i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Eropa, Amerika Serikat, dan Selandia Baru
	<i>Pea mosaic</i>	Kacang polong	Kutu daun, antara lain <i>Acyrtosiphon pisi</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis fabae</i> , dan <i>Aphis rumicis</i>	Eropa, Amerika Serikat, Selandia Baru, Australia, dan Jepang
	<i>Potato virus Y</i>	Kentang, tembakau, tomat, dahlia, dan petunia	Kutu daun terutama <i>Myzus persicae</i> , <i>Myzus certus</i> , <i>Myzus ornatus</i> , dan <i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Inggris, Prancis, dan Amerika Serikat
	<i>Soybean mosaic</i>	Kedelai	Kutu daun terutama <i>Myzus</i>	Di mana pun terdapat

	Penyakit	Inang	Vektor	Distribusi
			<i>persicae</i> , dan <i>Macrosiphum pisi</i>	tanaman kedelai
	<i>Sugarcane mosaic</i>	Gula tebu, jagung, sorghum, dan rumput liar	Beberapa kutu daun, antara lain <i>Rhopalosiphum maidis</i> , <i>Aphis gossypii</i> , <i>Schizaphis graminum</i> , dan <i>Myzus persicae</i>	Di mana pun terdapat tanaman gula tebu
	<i>Tomato spotted wilt</i>	Tomat, tembakau, dahlia, dan nanas	Thrips: <i>Thrips tabaci</i> , <i>Frankliniella schultzei</i> , <i>Frankliniella fusca</i> , dan <i>Frankliniella occidentalis</i>	Afrika, Asia, Australia, Eropa, Amerika Utara, dan Amerika Latin
	<i>Turnip yellow mosaic</i>	Turnip, kembang kol, kubis, kubis china, dan brokoli	Kumbang (<i>Phyllotrea</i> spp dan <i>Phaedon cochleariae</i>), belalang (<i>Leptophyes punctatissima</i> , <i>Chorthippus bicolor</i>), dan undur-undur (<i>Forficula auricularia</i>)	Inggris, Jerman, Portugal, dan Amerika Utara
Mycoplasma	<i>Aster yellows</i>	Aster, seledri, wortel, waluh, timun, gandum, dan barley	Hemiptera (leafhopper), seperti <i>Gyponana hasta</i> , <i>Scaphytopius acutus</i> , <i>Scaphytopius irroratus</i> , <i>Macrosteles fascifrons</i> , <i>Paraphlepsius apertinus</i> , dan <i>Texanana</i> spp.	Seluruh dunia
	<i>Clover phyllody</i>	Sebagian besar clover	Hemiptera (leafhopper), seperti <i>Aphrodes albifrons</i> , <i>Macrosteles</i>	Amerika Serikat dan Inggris

	Penyakit	Inang	Vektor	Distribusi
			<i>cristata</i> , <i>Macrosteles</i> <i>fascifrons</i> , <i>Macrosteles</i> <i>viridigriseus</i> , <i>Euscelis lineolatus</i> , dan <i>Euscelis</i> <i>plebeja</i>	
	<i>Corn stunt</i>	Jagung	Hemiptera (leafhopper), seperti <i>Dalbulus</i> <i>elimatus</i> , <i>Dalbulus</i> <i>maidis</i> , dan <i>Graminella</i> <i>nigrifrons</i>	Amerika Utara dan Tengah
Bakteri	<i>Stewarts</i> <i>bacterial wilt</i>	Jagung	Kumbang (<i>Chaetocneme</i> <i>pulicaria</i> dan <i>Chaetocneme</i> <i>denticulata</i>)	Amerika Serikat
	<i>Cucurbit wilt</i>	Timun	Kumbang (<i>Diabrotica vittata</i> dan <i>Diabrotica</i> <i>duodecimpunctata</i>)	Amerika Serikat, Eropa, Afrika Selatan, dan Jepang
	<i>Potato</i> <i>blackleg</i>	Kentang	Larva lalat (<i>Hylemya cilicrura</i> dan <i>Hylema</i> <i>trichodactyla</i>)	Amerika Utara
	<i>Fire blight</i>	90 jenis tanaman keras, seperti apel dan pear	Berbagai jenis serangga dari kelompok lebah, tawon, lalat, semut, dan kutu daun	Amerika Utara, Eropa
Cendawan	<i>Dutch elm</i> <i>disease</i>	Elm	Kumbang, seperti <i>Scolytus</i> <i>multistriatus</i> , <i>Scolytus scolytus</i> , dan <i>Hylurgopinus</i> <i>refines</i>	Asia, Eropa, dan Amerika Utara
	<i>Ergot</i>	Tanaman sereal dan rumput	Sekitar 40 jenis serangga dari kelompok lalat, kumbang, dan kutu daun	Seluruh dunia

2. Serangga Hama Gudang

Setelah tanaman dipanen dalam jumlah banyak dan dikembangkan menjadi berbagai tipe produk, produk ini selanjutnya disimpan di gudang. Di gudang, produk-produk tidak luput dari serangan serangga hama, terutama kumbang (dewasa dan larva) dan Lepidoptera (hanya yang dewasa). Produk-produk yang sering diserang oleh serangga ini adalah makanan pokok dan produk turunannya, contohnya buncis, kacang, kacang polong, buah, daging, produk harian, kulit dan produk yang berasal dari wol. Selain itu, produk-produk yang berasal dari kayu sering kali diserang oleh rayap atau semut. Di Indonesia, hama gudang yang ditemukan, antara lain *Sitophilus oryzae* dan *Sitophilus zeamays* yang mengonsumsi beras dan jagung (Gambar 1.6).



Sumber:

<http://www.forestryimages.org/images/768x512/5389311.jpg>.

<http://www.ipmimages.org/browse/autthumb.cfm?aut=2641&Area=72>.

Gambar 1.6

Sitophilus Oryzae (kiri) dan *Sitophilus Zeamays* (kanan) yang Menyerang Beras dan Jagung yang Disimpan di Gudang

Metode atau teknik yang umum digunakan untuk mengendalikan populasi dari serangga-serangga ini adalah dengan teknik **fumigasi**. Berbeda dengan penggunaan insektisida, pada fumigasi digunakan adalah gas tertentu, yang bertujuan untuk membunuh serangga hama. Umumnya gas yang digunakan adalah sebagai berikut.

- Methyl Bromide (CH_3Br) yang sejak 2005 tidak disarankan kembali karena diduga bertanggung jawab dalam perluasan lubang ozon.
- Nitrogen (N_2).
- Phosphine (PH_3).
- Karbon dioksida (CO_2).

Kelebihan dari teknik fumigasi dibandingkan dengan penyemprotan insektisida adalah kemampuannya untuk membunuh serangga hama beserta telurnya dan tidak meninggalkan residu yang dapat membahayakan manusia (hal ini penting karena sebagian besar serangga gudang menyerang makanan pokok manusia). Walaupun tidak meninggalkan residu, bukan berarti senyawa yang digunakan untuk fumigasi tidak berbahaya. Senyawa yang digunakan adalah senyawa-senyawa dengan berat molekul yang ringan, sangat beracun, dan mudah menguap. Oleh karena itu, teknik tersebut harus dilakukan dengan sangat hati-hati, yang saat ini masih menjadi masalah di negara-negara berkembang.

Beberapa teknik baru fumigasi telah dikembangkan, antara lain sebagai berikut.

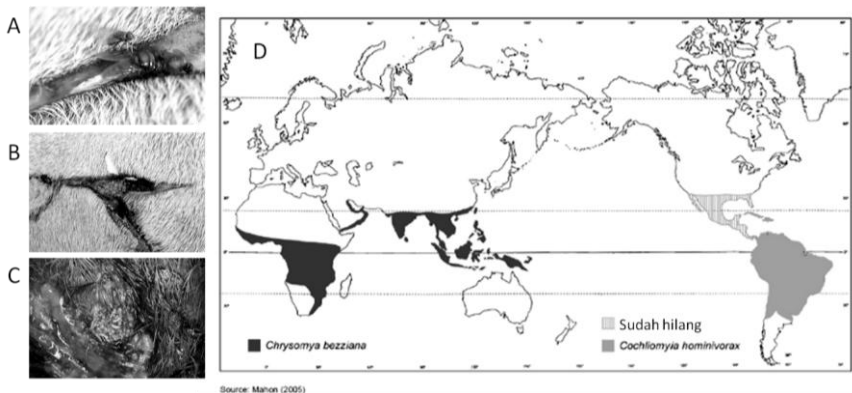
- a. Penggunaan gas karbon dioksida sebagai senyawa yang digunakan untuk fumigasi. Teknik ini menunjukkan hasil yang memuaskan pada gudang-gudang kecil. Pengembangan teknik ini telah dilakukan oleh BULOG dengan menyimpan beras dalam ruangan plastik yang dipenuhi dengan karbon dioksida (Hodges & Surendro, 1996).
- b. Penggunaan gas karbon dioksida tekanan tinggi pada berbagai suhu. Metode ini masih dalam tahap penelitian untuk pengendalian beberapa hama gudang, seperti *Lasioderma serricorne*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, dan *Sitophilus granaries*.
- c. Penggunaan teknik yang dikenal dengan istilah GOLD (*Gas Operated Liquid Dispensing*) system. Pada sistem ini, digunakan campuran antara gas karbon dioksida dengan konsentrat insektisida. Metode ini terbukti efektif untuk mengendalikan *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, dan *Lasioderma serricorne*.

3. Serangga yang Menyerang Hewan Ternak

Serangga sering kali menginjeksikan senyawa kimia beracun (toksin) ke dalam tubuh hewan ternak. Toksin tersebut dapat menyebabkan iritasi, bengkak/bentol, pusing hingga paralisis. Pada umumnya serangga dapat menyerang hewan ternak dengan empat cara, yaitu:

- a. serangga dapat langsung mengganggu;
- b. serangga dapat menginjeksikan racun ("bisa") dengan gigitan atau tusukannya;
- c. serangga hidup pada manusia atau hewan ternak sebagai parasit;
- d. serangga dapat bertindak sebagai agensia vektor penyakit.

Pada ternak, serangga juga dapat hidup sebagai parasit sehingga menyebabkan iritasi. Kerusakan jaringan tubuh dapat menyebabkan kematian. Beberapa serangga juga dapat menjadi parasit ganda, seperti pada berbagai jenis kutu atau tungau sebagai **ektoparasit** pada mamalia dan burung, dengan memakan bulu, rambut, dan kulit bagian luar tubuh lainnya. Selain itu, lalat Tabanidae yang dikenal dengan nama “*screwworm fly*” yang dapat “mengebor” kulit hewan ternak (seperti sapi, kuda, dan ayam) untuk meletakkan telurnya, kemudian telur berkembang menjadi larva di dalam tubuh hewan dan memakan jaringan tubuh hewan tersebut untuk perkembangan hidupnya (Gambar 1.7).



Sumber:

<http://www.animalhealthaustralia.com.au/programs/drm/swf/about-screw-worm-fly.cfm>.

Gambar 1.7.

(A) Lalat “screwworm” meletakkan telur pada luka yang terdapat pada hewan peliharaan, (B) Telur lalat yang terkumpul pada luka, (C) Larva dari lalat yang tinggal dan memakan jaringan mati pada luka, (D) Sebaran dari lalat “screwworm” di dunia yang terdiri dari dua kelompok jenis besar, yaitu *Chrysomya bezziana* (yang terdapat pada Asia dan Afrika) dan *Cochliomyia hominivorax* (yang terdapat pada Amerika Selatan)

4. Serangga sebagai Vektor Penyakit pada Manusia

Serangga berperan sebagai agen yang menularkan penyakit ke manusia atau dikenal juga dengan istilah **vektor**. Serangga-serangga ini selanjutnya dapat dikelompokkan menjadi dua macam vektor, yaitu vektor **mekanik** dan

vektor **biologis**. Pada vektor mekanik, serangga hanya berperan sebagai “pembawa” patogen ke sumber-sumber daya (umumnya makanan atau minuman) yang dikonsumsi oleh manusia. Contoh serangga yang berperan sebagai vektor mekanik adalah lalat yang membantu penyebaran patogen penyebab tifus, kolera, dan disentri.

Sedangkan serangga yang tergolong sebagai vektor biologis adalah serangga yang membawa organisme patogen dan organisme tersebut menghabiskan sebagian masa hidupnya pada tubuh serangga tersebut. Serangga vektor biologis ini merupakan vektor penyakit yang sangat ditakuti, karena menularkan beberapa penyakit manusia (contoh penyakit yang disebarkan oleh vektor biologis terdapat pada Tabel 1.4). Di antara penyakit-penyakit tersebut terdapat penyakit yang memberikan efek besar pada peradaban manusia, seperti:

a. Malaria

Di antara penyakit yang ditularkan oleh serangga, malaria merupakan pembunuh utama dari manusia. Penyakit ini umum ditemukan di negara tropis dan diyakini penyakit pembunuh manusia nomor satu di beberapa negara tersebut (Gambar 1.8). Penyebab utama dari penyakit ini adalah anggota dari protozoa *Plasmodium*, yang dibawa oleh nyamuk *Anopheles*. Protozoa ini memanfaatkan tubuh manusia dalam siklus hidupnya dan dalam prosesnya merusak sel-sel darah merah manusia. Gejala dari penyakit ini adalah demam dan kedinginan yang berkepanjangan yang selanjutnya menurunkan kondisi tubuh dan dapat menyebabkan kematian.



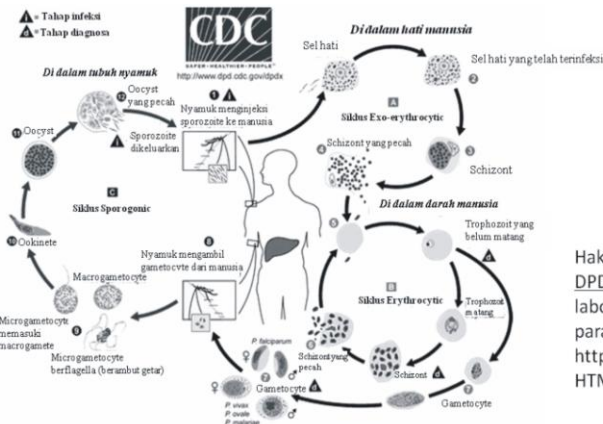
Sumber:

https://istgeography.wikispaces.com/file/view/MH_L1_facts_map.gif/31235479/MH_L1_facts_map.gif.

Gambar 1.8
Distribusi Malaria di Dunia

Ada tiga jenis *Plasmodium* yang menyerang manusia, yaitu *Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum* (80% penyakit malaria di tropis disebabkan oleh *Plasmodium* ini dan menyebabkan kematian 90% manusia), dan *Plasmodium malariae* yang sangat jarang ditemukan. *Plasmodium* membutuhkan manusia dalam proses pembentukan sel-sel gamet jantan dan betinanya yang berfungsi dalam perkembangbiakan seksual. Proses pembentukan gamet ini dimulai pada saat sporozoit (yang merupakan salah satu tahapan hidup dari *Plasmodium*) yang terdapat pada air liur nyamuk terjangkit malaria, kemudian masuk ke dalam sel-sel parenkim hati manusia (umumnya hanya dalam waktu 40 menit sejak nyamuk menghisap darah). Setelah beberapa saat, **sporozoit** berkembang menjadi **schizont** yang bertanggung jawab dalam pembentukan **merozoit**. Merozoit selanjutnya memasuki sel-sel darah merah dan berkembang menjadi tropozoit yang berkembang menjadi schizont dan memulai kembali siklus ini. Siklus ini berlangsung di darah manusia dan umumnya selama 24-72 jam.

Setelah beberapa generasi merozoit diproduksi, beberapa dari tropozoit selanjutnya berkembang menjadi gametosit. Gametosit ini selanjutnya berpindah ke tubuh nyamuk pada saat nyamuk menghisap darah penderita malaria dan siklus malaria dimulai di dalam tubuh nyamuk. Gametosit yang terbawa ke dalam tubuh nyamuk tersebut berkembang di dalam sistem pencernaan nyamuk *Anopheles* dan membentuk zigot. Zigot tersebut selanjutnya menempel pada dinding usus tengah nyamuk dalam bentuk kista yang dikenal dengan istilah **oosit**. Oosit selanjutnya berkembang menjadi **sporozoit** yang hidup di kelenjar saliva (air liur) nyamuk (Gambar 1.9).



Hak cipta gambar dimiliki oleh
DPDx: CDC's web site for
laboratory identification of
parasites.
[http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/
HTML/Image_Library.htm](http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Image_Library.htm).

Sumber: Malaria Foundation International

Untuk dapat bertahan hidup, plasmodium (yang merupakan organisme patogen penyebab malaria) memerlukan dua inang, yaitu nyamuk sebagai inang utama dan manusia sebagai inang alternatif. Pada saat menghisap darah, nyamuk betina *Anopheles* yang terinfeksi malaria memperlarkan sporozoite ke dalam tubuh manusia. Sporozoite selanjutnya menginfeksi hati manusia dan berkembang menjadi schizont. Schizont selanjutnya matang, pecah, dan melepaskan merozoite. Fase ini dikenal sebagai Siklus Exo-erythrocytic. Selanjutnya parasit tersebut memasuki fase berkembang biakan aseksual pada erythrocyte (sel darah merah manusia) yang dikenal dengan istilah Siklus Erythrocytic. Pada siklus ini merozoite memasuki sel darah merah manusia dan berkembang menjadi trophozoite. Trophozoite ini sendiri berkembang menjadi schizont yang selanjutnya kembali menghisap merozoite. Pada saat bersamaan, beberapa trophozoite berkembang memasuki fase perkembangbiakan seksual dengan membentuk gametocyte. Fase infeksi sel-sel darah merah oleh merozoite sendiri merupakan fase dimana diagnosa dan upaya medis dilakukan.

Gamet jantan (microgametocyte) dan betina (macrogametocyte) yang dihasilkan dari proses perkembangbiakan seksual selanjutnya ditelan oleh nyamuk betina yang menghisap darah manusia yang terjangkit oleh malaria. Parasit ini memperbanyak diri pada tubuh nyamuk dan memasuki siklus sporogonic. Di dalam perut nyamuk, microgametocyte memasuki macrogametocyte yang selanjutnya menghasilkan zigot. Zigot ini berkembang menjadi ookinete yang memiliki bentuk yang menyayang dan tidak bergerak aktif. Ookinete ini selanjutnya menempel pada usus tengah nyamuk dan berkembang menjadi oocyst. Oocyst selanjutnya tumbuh, pecah, dan melepaskan sporozoite. Sporozoite ini selanjutnya bergerak menuju ke kelenjar ludah dari nyamuk dan memulai kembali siklus pada manusia pada saat nyamuk menghisap darah manusia.

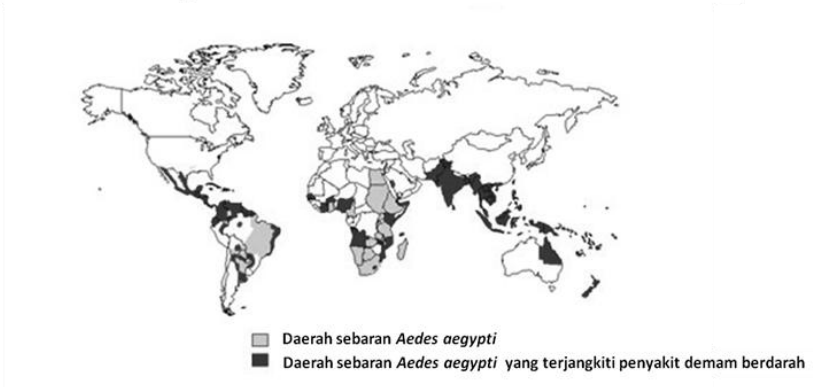
Gambar 1.9
Siklus Malaria pada Nyamuk *Anopheles* sp. dan Manusia

b. *Demam berdarah dengue*

Demam berdarah dengue (DBD) adalah penyakit yang disebabkan oleh virus yang ditularkan dengan bantuan nyamuk dari genus *Aedes*. Uniknya, selain DBD, nyamuk *Aedes* juga dapat menularkan suatu penyakit yang disebut “sakit kuning”. Virus kedua penyakit tersebut berbeda inangnya. Inang dari virus sakit kuning adalah manusia dan kera, sedangkan inang virus DBD hanya manusia.

Jumlah penderita akibat infeksi virus dengue sendiri jauh lebih besar dibandingkan malaria. Diperkirakan di seluruh dunia 2,5 sampai 3 miliar manusia memiliki potensi tinggi terjangkit oleh penyakit ini di mana jutaan orang telah menjadi penderita dengue. Penyakit ini umum ditemukan di daerah tropis (Gambar 1.10), di mana wabah sering ditemukan pada daerah pemukiman padat penduduk di Asia Tenggara. Pada 20 tahun terakhir, penyakit ini mulai menarik perhatian dunia internasional setelah ditemukan wabah demam berdarah di Cuba dan Venezuela pada awal tahun 1980-an. Cuba dan Venezuela yang tergolong sebagai negara subtropik menyebabkan kekhawatiran penyebaran wabah ini ke daerah-daerah dingin di sisi utara dan selatan dari negara tropis.

Sebaran Penyakit Demam Berdarah di Dunia - 2005



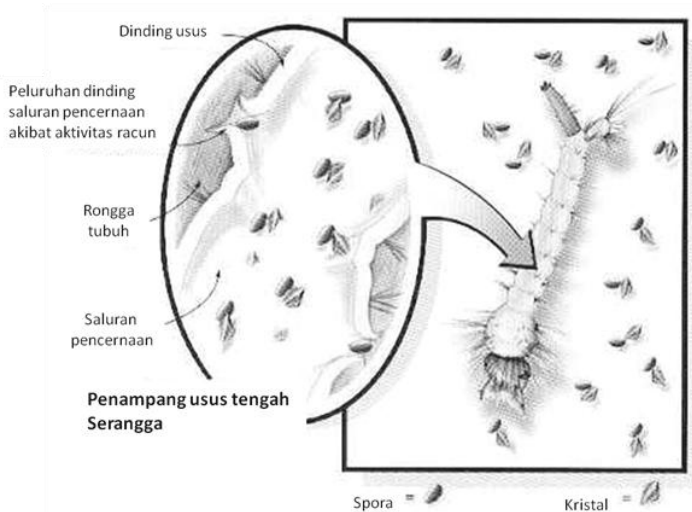
Sumber: WHO, 2005.

Gambar 1.10
Sebaran Penyakit Demam Berdarah di Dunia

Tiga macam demam berdarah, yaitu *Dengue Fever* (DF), *Dengue Hemorrhagic Fever* (DHF), dan *Dengue Shock Syndrome* (DSS). Seluruh tipe demam berdarah ini disebabkan oleh RNA virus yang dikenal dengan nama DEN-1, 2, 3, dan 4 yang tergolong dalam genus *Flavivirus*. Di seluruh dunia setiap tahun ditemukan 50 sampai 100 juta kasus DF dan 250.000-500.000 kasus DHF dan DSS. Di Indonesia, umumnya kematian disebabkan oleh tipe DHF atau DSS.

Penyakit demam berdarah umumnya ditularkan oleh *Aedes aegypti* di daerah pemukiman penduduk. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa *Aedes albopictus* merupakan vektor di hutan pada negara-negara tropis dan *Aedes polynesiensis* yang menjadi vektor di Kepulauan Pasifik. Virus demam berdarah sendiri memperbanyak diri di sel-sel epitel dari usus tengah nyamuk, selanjutnya bergerak dengan bantuan sel-sel darah nyamuk menuju ke kelenjar ludah. Virus ini selanjutnya memperbanyak diri di sel-sel kelenjar ludah dan ditularkan bersama air ludah pada saat nyamuk menghisap darah manusia. Masa inkubasi virus pada tubuh nyamuk berlangsung sekitar 10 hari dan 4-7 hari di dalam tubuh manusia.

Hal yang menyebabkan penyakit demam berdarah menjadi penyakit yang sukar ditangani dengan tingkat penularan yang tinggi adalah tingginya kontak nyamuk *Aedes aegypti* dengan manusia. Tingginya kontak nyamuk ini dengan manusia karena tidak seperti nyamuk lain yang menggunakan karbohidrat dari tumbuhan sebagai sumber energi dan darah sebagai nutrisi untuk pembentukan telur. Nyamuk *Aedes aegypti* hanya menggunakan darah sebagai sumber energi dan nutrisi untuk pembentukan telur. Kemampuan ini disebabkan oleh adanya asam amino isoleusin pada darah manusia. Karena kebutuhan energi yang tinggi, nyamuk harus menghisap darah dari banyak manusia. Selain itu, nyamuk ini umumnya menggunakan wadah-wadah penampungan air yang terdapat di pemukiman manusia sebagai media hidup bagi larva. Pengendalian penyebaran penyakit ini telah intensif dilakukan dengan menggunakan insektisida kimia untuk mengendalikan serangga dewasa maupun insektisida biologis untuk mengendalikan larva (Gambar 1.11).



Sumber:

http://www.cosmosquitocontrol.com/images/BS_Mode_of_Action.jpg.

Gambar 1.11

Cara Kerja Kristal Protein yang Dihasilkan oleh *Bacillus Thuringiensis* dalam Mengendalikan Larva Nyamuk.

c. Pes (*Bubonic plague*)

Dalam sejarah peradaban manusia, Pes yang dikenal juga dengan istilah *Bubonic plague* merupakan salah satu penyakit yang memiliki korban jiwa terbesar, yaitu diperkirakan lebih dari 30 juta manusia meninggal. Catatan sejarah menunjukkan bahwa wabah pes telah tiga kali terjadi di dunia. Wabah pertama terjadi di daerah Mediterania antara tahun 542 sampai 750. Banyak ahli sejarah meyakini bahwa penyakit inilah yang menyebabkan keruntuhan kekaisaran Romawi. Wabah kedua terjadi antara tahun 1346-1722 di Eropa. Wabah kedua menimbulkan korban jiwa terbesar. Pada puncak dari masa wabah ini tahun 1346-1352 tercatat populasi manusia di Eropa dan Timur Tengah berkurang sampai 20 juta jiwa. Penyakit ini sendiri dikenal dengan istilah “*black death*”. Di luar masa puncak wabah, penyakit ini menjadi wabah pada beberapa daerah dan menyebabkan korban jiwa yang tidak sedikit. Sebagai contoh pada tahun 1656-1657, 60% populasi di Genoa (Italia) mati, tahun 1630 setengah populasi Milan (Italia) mati, dan 30%

populasi Marseilles (Prancis) mati pada tahun 1720. Wabah yang ketiga terjadi China sekitar tahun 1860-an.

Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Pasteurella pestis* yang disebarkan oleh beberapa jenis kutu terutama kutu tikus (*Xenopsylla cheopsis*). Bakteri ini ditularkan melalui gigitan kutu dan menyerang kelenjar limfa (di ketiak, leher, dan terutama di selangkangan) yang menyebabkan pembengkakan kelenjar-kelenjar ini. Setelah tiga hari, penderita mengalami demam tinggi, berkhayal, dan timbul bintik-bintik di permukaan kulit (yang menimbulkan istilah *black death*). Benjolan pada kelenjar limfa selanjutnya membesar sampai sebesar telur ayam dan terasa sakit sekali pada saat benjolan tersebut pecah. Kematian biasanya terjadi 2 sampai 4 hari setelah gejala penyakit muncul. Kadang kala bentuk lain penyakit ini terjadi dengan tidak munculnya benjolan pada kelenjar limfa yang dikenal dengan istilah *septicemic plague*. Pada tipe ini, penderita mengalami demam tinggi, tubuh menggigil, sakit kepala, dan pendarahan organ dalam yang memicu kematian. Kadang kala bakteri memasuki paru-paru dan memicu penyakit paru-paru basah (*pneumonia*). Dalam keadaan ini, bakteri ditularkan melalui udara pada saat penderita batuk. Penyakit paru-paru basah ini merupakan pembunuh utama karena umumnya dapat membunuh dalam waktu kurang dari 24 jam.

Kemajuan pada dunia kesehatan telah menemukan cara untuk mengobati penyakit ini. Penggunaan antibiotik, seperti streptomycin, sulfonamide, dan tetracycline terbukti efektif untuk mengobati penyakit ini. Pengembangan vaksin untuk penyakit ini telah dilakukan. Terdapat dua vaksin yang telah diizinkan untuk digunakan pada manusia, yaitu vaksin yang berasal dari sel bakteri mati yang digunakan pada tahun 1942 dan vaksin yang lain adalah vaksin yang berasal dari sel-sel bakteri hidup, yang digunakan di bekas Uni Soviet sejak 1939.

Tabel 1.4
Contoh Serangga yang Berperan sebagai Vektor Penyakit bagi
Manusia dan Hewan Ternak (Gillot, 1980)

Serangga vektor	Patogen	Penyakit	Inang	Distribusi
Anoplura				
<i>Pediculus humanus</i>	<i>Rickettsia prowazekii</i>	Tifus	Manusia dan tikus	Seluruh dunia
	<i>Pasteurella tularensis</i>	Tularemia	Manusia dan tikus	Amerika Utara, Eropa, dan Asia Timur
Hemiptera				
<i>Rhodnius</i> spp.	<i>Trypanosoma cruzi</i>	Penyakit Chagas	Manusia, dan tikus	Amerika Latin, Amerika Tengah, dan Meksiko
Diptera				
<i>Phlebotomus</i> spp.	<i>Leishmania donovani</i>	Demam Dumdum	Manusia	Mediterania, Asia, dan Amerika Latin
	<i>Leishmania tropica</i>	<i>Oriental sore</i>	Manusia	Afrika, Asia, dan Amerika Latin
	<i>Leishmania braziliensis</i>	<i>Espundia</i>	Manusia	Amerika Latin, Amerika Tengah, Afrika Utara, dan Asia Selatan
	(virus)	Demam Pappataci	Manusia	Mediterania, India, dan Sri Lanka
<i>Anopheles</i> spp.	<i>Plasmodium vivax</i>	Malaria	Manusia	Seluruh dunia terutama pada daerah tropis, subtropis, dan temperata
	<i>Plasmodium malariae</i>	Malaria	Manusia	
	<i>Plasmodium falciparum</i>	Malaria	Manusia	
<i>Aedes</i> spp.	(virus)	Sakit kuning	Manusia, monyet, dan tikus	Daerah tropis di benua Amerika dan Afrika
	(virus)	Dengue	Manusia	Daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia
	(virus)	Encephalitis	Manusia	Amerika Utara, Amerika Latin, Eropa, dan Asia

Serangga vektor	Patogen	Penyakit	Inang	Distribusi
	<i>Wucheria bancrofti</i>	Filariasis	Manusia	Daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia
<i>Culex</i> spp.	(virus)	Dengue	Manusia	Daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia
	(virus)	Encephalitis	Manusia	Amerika Utara, Amerika Latin, Eropa, dan Asia
	<i>Wucheria bancrofti</i>	Filariasis	Manusia	Daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia
<i>Tabanus</i> spp.	<i>Bacillus anthracis</i>	Anthrax	Manusia dan hewan lain	Seluruh dunia
<i>Chrysops</i> spp.	<i>Pasteurella tularensis</i>	Tularemia	Manusia dan tikus	Amerika Utara, Eropa, dan Asia Timur
	<i>Loa loa</i>	Loiasis	Manusia	Afrika
<i>Glossina</i> spp. (lalat tsetse)	<i>Typanosoma rhodesiense</i>	Penyakit tidur	Manusia dan hewan lain	Daerah Afrika yang dilalui garis khatulistiwa
	<i>Typanosoma gambiense</i>	Penyakit tidur	Manusia dan hewan lain	Daerah Afrika yang dilalui garis khatulistiwa
	<i>Typanosoma brucei</i>	Nagana	Sapi, hewan memamah biak	Daerah Afrika yang dilalui garis khatulistiwa
Siphonaptera				
<i>Xenopsylla cheopsis</i>	<i>Pasteurella pestis</i>	Wabah Bubonic (<i>Black Death</i>)	Manusia dan tikus	Seluruh dunia
	<i>Hymenolepsis nana</i>	Cacing pita	Manusia	Eropa dan Amerika Utara
	<i>Hymenolepsis diminuta</i>	Cacing pita	Manusia	Seluruh dunia
<i>Xenopsylla</i> spp.	<i>Rickettsia typhi</i>	Tifus	Manusia dan tikus	Seluruh dunia
<i>Nosopsyllus fasciatus</i>	<i>Pasteurella pestis</i>	Wabah Bubonic (<i>Black Death</i>)	Manusia dan tikus	Seluruh dunia
	<i>Rickettsia typhi</i>	Tifus	Manusia dan tikus	Seluruh dunia

Serangga vektor	Patogen	Penyakit	Inang	Distribusi
	<i>Hymenolepis diminuta</i>	Cacing pita	Manusia	Seluruh dunia
<i>Ctenocephalides canis</i>	<i>Dipylidium caninum</i>	Cacing pita	Manusia, anjing dan kucing	Seluruh dunia
	<i>Hymenolepis nana</i>	Cacing pita	Manusia	Eropa dan Amerika Utara
<i>Pulex irritans</i>	<i>Hymenolepis nana</i>	Cacing pita	Manusia	Eropa dan Amerika Utara

C. PENGELOLAAN SERANGGA HAMA

Suatu jenis serangga dikatakan hama apabila serangga tersebut merugikan atau melakukan suatu "intervensi" pada aktivitas manusia. Pengertian "hama" sendiri sangat bersifat "antroposentris", yang berarti berasal dari sudut pandang manusia. Oleh karena itu, satu jenis serangga yang dinyatakan sebagai hama di satu daerah dapat saja bukan merupakan serangga hama pada daerah lain.

Sekitar 20.000 tahun yang lalu, manusia telah mengembangkan sistem pertanian dan peternakan berdasarkan eksperimen mereka terhadap berbagai jenis hewan dan tumbuhan. Dalam perkembangan lebih lanjut, manusia menyeleksi tumbuhan dan hewan tersebut sehingga melahirkan sistem pertanian monokultur dan domestikasi hewan.

Perkembangan teknologi pertanian menuju ke sistem pertanian monokultur melahirkan habitat baru bagi beberapa serangga yang akan berkembang pesat pada saat terdapat sumber makanan yang melimpah. Kondisi ini ditambah dengan seleksi dari varietas yang ditanam. Karena tujuan utama pertanian adalah memperoleh hasil sebanyak-banyaknya, berarti varietas yang ditanam umumnya adalah varietas dengan produktivitas tinggi, tetapi memiliki sistem pertahanan yang lebih rendah dibandingkan dengan kerabatnya yang tumbuh liar. Penurunan pada sistem pertahanan ini merupakan salah satu faktor penting karena pada umumnya serangga hama merupakan serangga-serangga asli daerah tersebut. Sebagai contoh penelitian di Amerika Serikat yang menyatakan bahwa hanya 57 dari 148 serangga hama utama pada sistem pertanian daerah tersebut yang berasal dari luar (Pimentel, 1993). Hal yang sama juga ditunjukkan pada serangga-serangga hama di Eropa, di mana hanya 20% merupakan jenis dari luar Eropa (Pimentel, 1991b).

Di Afrika dan Asia, pembukaan lahan dengan teknik yang sangat murah, yaitu "tebang bakar" telah meningkatkan epidemi penyakit malaria. Nyamuk *Anopheles* tidak hanya menggigit dan menularkan *Plasmodium* ke hewan, tetapi juga ke manusia. Permasalahan dengan serangga vektor penyakit juga menjadi meningkat, dengan meningkatnya urbanisasi. Pembukaan lahan baru untuk berbagai keperluan turut berperan dalam meningkatkan penularan penyakit.

Berbagai macam pendekatan untuk mengatasi serangga hama telah dikembangkan dari tahun ke tahun. Sejak tahun 1940-an hingga 1960-an, pengendalian serangga hama sering kali diterjemahkan sebagai pembasmian hama. Saat itu "alat" pengendali yang sangat terkenal adalah bahan-bahan kimia yang dapat membunuh serangga atau **insektisida**. Pada saat itu, efek samping dari penggunaan insektisida, seperti residu insektisida di lingkungan (tanah, air, udara, dan rantai makanan) dan ikut terbunuhnya organisme bukan sasaran (parasit/parasitoid, predator, musuh alami lainnya, serangga berguna), bahaya bahan kimia tersebut terhadap resistensi serangga hama dan munculnya hama sekunder, belum banyak diperhatikan.

Kajian penting yang banyak mengubah penggunaan insektisida adalah kajian terhadap rantai makanan yang menemukan peningkatan residu insektisida DDT (*chlorinat hidrokarbon*) sejalan dengan meningkatnya tingkatan trofik pada rantai makanan. Fenomena tersebut lebih dikenal dengan istilah **biomagnifikasi**. Sebagai contoh adalah peningkatan residu insektisida yang ditemukan di daerah perairan. Residu DDT yang ditemukan pada ikan yang memangsa plankton jauh lebih besar dibandingkan residu pada plankton tersebut. Peningkatan residu ini terus terjadi sampai tingkat trofik tertinggi, yaitu pada burung pemangsa ikan.

Penemuan fenomena biomagnifikasi ini melahirkan pendekatan pengelolaan hama yang dikenal sebagai **Pengelolaan Hama Terpadu** (PHT atau ***Integrated Pest Management***). Pada konsep ini pengelolaan hama tidak hanya terbatas pada serangga hama saja, melainkan juga pada organisme hama lain, seperti tungau, nematoda, mikroba, virus patogen tanaman, tikus, dan babi hutan, termasuk juga gulma. Tujuan utama dari pendekatan tersebut adalah "mengurangi kehilangan hasil panen" dengan cara yang efektif, ekonomis, dan ekologis.

Banyak yang beranggapan bahwa pengelolaan hama sama dengan perlindungan tanaman, suatu pendekatan yang lebih difokuskan pada suatu objek daripada terhadap hama itu sendiri. Walaupun demikian pengelolaan

hama memiliki pengertian lebih luas daripada perlindungan tanaman. Pada metode pengendalian hama, selain hama yang menjadi obyek, di dalamnya terlibat tanaman tersebut sebagai obyek lainnya.

Pengelolaan hama juga memiliki karakteristik unik, di mana seluruh teknik yang telah dikenal dapat dipadukan secara terintegrasi terhadap suatu problem khusus. Dengan demikian, dalam satu program pengelolaan hama terdapat beberapa teknik yang digunakan seperti penggunaan pestisida, tanaman inang yang resisten, sanitasi, pemangkasan pohon sampai pada pengendalian biologis menggunakan musuh alami.

Untuk menggunakan berbagai teknik tersebut secara efektif, pemahaman ekologi, biologi dari hama, serta berbagai informasi yang terkait harus dipadukan. Hal ini penting dilakukan sebab tujuan akhir dan harapan dari setiap program pengelolaan hama, yaitu untuk menciptakan suatu solusi persoalan hama dalam jangka panjang, tidak hanya sesaat (misalnya untuk satu musim tanam).



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Diskusikan mengapa serangga yang dikategorikan sebagai serangga pengganggu selalu ada di dalam kehidupan manusia!
- 2) Apa yang dimaksud dengan serangga entomopatogen dan bagaimana peranannya dalam kehidupan manusia?
- 3) Jelaskan pengertian tentang serangga sebagai vektor dan bagaimana caranya suatu penyakit masuk ke dalam tanaman!
- 4) Jelaskan peran serangga dalam menyebarkan penyakit malaria, demam berdarah, dan pes!
- 5) Diskusikan mengapa dalam suatu pengendalian hama lebih dianjurkan dengan menggunakan pendekatan pengelolaan hama (Pengelolaan Hama Terpadu)!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab latihan tersebut, silakan Anda pelajari kembali tentang:

- 1) Hubungan serangga dengan manusia.

- 2) Serangga entomopatogen pada bagian serangga berguna.
- 3) Serangga merugikan.
- 4) Pengelolaan serangga hama



RANGKUMAN

Serangga dan manusia merupakan dua makhluk hidup yang dominan di muka bumi. Kondisi ini menyebabkan terdapat hubungan yang erat antara kedua makhluk hidup karena kebutuhan akan sumber daya di alam yang saling berselingkupan. Dalam hubungan ini, manusia menilainya berdasarkan fungsi serangga dalam hubungannya dengan pemenuhan kebutuhan manusia. Oleh karena ini, maka manusia membagi serangga menjadi dua jenis serangga, yaitu serangga menguntungkan dan serangga merugikan.

Serangga yang tergolong sebagai serangga menguntungkan adalah serangga-serangga yang menghasilkan produk-produk yang dimanfaatkan oleh manusia, seperti lebah madu yang menghasilkan madu dan lilin, serta ulat sutera yang menghasilkan benang sutera. Selain itu serangga yang tergolong menguntungkan adalah serangga yang dikonsumsi oleh manusia, serangga yang berguna sebagai musuh alami serangga-serangga hama, serangga yang membantu proses penyerbukan, dan serangga yang menjadi inspirasi seni. Sementara itu serangga yang tergolong sebagai serangga merugikan adalah serangga yang menjadi hama tanaman produksi, sumber makanan manusia yang disimpan, dan vektor penyakit menular bagi hewan maupun manusia.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Salah satu serangga yang dikenal merugikan bagi manusia adalah
 - A. *Bombyx mori*
 - B. *Apis mellifera*
 - C. *Aphis gossypii*
 - D. *Laccifer lacca*
- 2) Kelebihan dari penggunaan serangga entomopatogen adalah sebagai berikut, *kecuali*
 - A. serangga-serangga tersebut tidak akan pernah dapat menjadi hama.

- B. dapat berkesinambungan bila serangga-serangga tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungannya.
 - C. dapat meningkatkan nilai jual dari produk pertanian dengan tingginya perhatian terhadap lingkungan.
 - D. bila seluruh persyaratan dipenuhi, metode ini aman terhadap lingkungan.
- 3) Berikut adalah peran langsung serangga-serangga dekomposer dalam membentuk tanah, *kecuali*
- A. menghasilkan kotoran serangga
 - B. meningkatkan pori-pori tanah
 - C. menurunkan populasi serangga merugikan
 - D. menyediakan habitat bagi jamur dan bakteri
- 4) Serangga di bawah ini merupakan hama pada hewan ternak adalah
- A. Lalat Tananidae
 - B. Kutu loncat
 - C. Nyamuk *Aedes*
 - D. Wasp
- 5) Yang berhubungan dengan fenomena biomagnifikasi adalah sebagai berikut, *kecuali*
- A. melahirkan pendekatan pengelolaan hama yang dikenal sebagai Pengelolaan Hama Terpadu
 - B. penggunaan insektisida untuk mengelola populasi hama serangga oleh manusia
 - C. peningkatan residu insektisida DDT di lingkungan
 - D. penggunaan insektisida secara besar-besaran
- 6) Yang dimaksud dengan Pengelolaan Hama Terpadu adalah
- A. perlindungan tanaman
 - B. pengendalian hama dengan melibatkan berbagai faktor
 - C. suatu pengelolaan hama dengan melibatkan beberapa teknik dengan tujuan utama mengurangi kehilangan hasil panen dengan cara yang efektif, ekonomis, dan ekologis.
 - D. suatu usaha untuk menyelamatkan hasil pertanian dengan menggunakan berbagai macam teknik pemberantasan hama sebanyak-banyaknya.
- 7) Yang tergolong sebagai serangga hama gudang adalah
- A. *Sitophilus oryzae*
 - B. *Hylema trichodactyla*

- C. *Graminella nigrifrons*
- D. *Gyponana hasta*

- 8) Berikut adalah gas yang umum digunakan untuk mengendalikan serangga hama gudang, *kecuali*
- A. Hidrogen
 - B. Methyl Bromide
 - C. Karbon dioksida
 - D. Nitrogen
- 9) Berikut adalah mekanisme yang dilakukan oleh serangga hama hewan ternak dalam mengganggu hewan ternak, *kecuali* serangga
- A. langsung mengganggu hewan ternak
 - B. dewasa dapat terkonsumsi oleh hewan ternak
 - C. hidup pada hewan sebagai parasit
 - D. bertindak sebagai vektor penyakit
- 10) Berikut adalah penyakit yang proses penularannya dibantu oleh serangga, *kecuali*
- A. disentri
 - B. AIDS
 - C. demam Berdarah
 - D. typhus

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

- Arti tingkat penguasaan:
- 90 - 100% = baik sekali
 - 80 - 89% = baik
 - 70 - 79% = cukup
 - < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) B. Jawaban yang benar adalah **B**. Serangga sendiri tergolong makhluk hidup yang memiliki variasi dan modifikasi yang tinggi pada struktur tubuhnya. Salah satu struktur rumit yang dimiliki oleh serangga adalah struktur kulit luar yang terdiri dari beberapa lapisan kulit, sistem sensor di bagian permukaan, di bagian bawah, serta yang menyatu dengan kulit, dan modifikasi pada alat mulut dan kaki yang berkaitan dengan perilaku dari serangga.
- 2) B. Jawaban yang benar adalah **B**. Lalat Tachinidae memiliki dua peran besar bagi kehidupan manusia, yaitu sebagai serangga penyerbuk dan serangga yang memangsa serangga-serangga hama. Lalat buah dari familia Tephritidae merupakan serangga merugikan karena larva dari lalat ini mengonsumsi banyak buah hasil produksi dan menjadi masalah utama pada banyak negara penghasil buah termasuk Indonesia. *Anopheles* sp. adalah nyamuk yang menjadi penyebar malaria yang merupakan salah satu penyakit paling mematikan di dunia. *Drosophila* sendiri adalah salah satu hewan yang menjadi hewan uji pada banyak penelitian di bidang ilmu biologi, akan tetapi serangga ini merupakan serangga merugikan karena mereka menyerang buah.
- 3) D. Jawaban yang benar adalah **D**. Lebah madu memiliki kemampuan untuk mengatur perbandingan antara serangga jantan dan betina yang dihasilkan.
- 4) B. Jawaban yang benar adalah **B**. Belalang terpanjang di dunia tergolong ke dalam kelompok serangga yang dikenal dengan istilah *walking stick* dan termasuk ke dalam kelompok serangga Phasmatidae. Hemiptera sendiri adalah salah satu ordo utama dalam dunia serangga. Miridae dan Veliidae adalah famili serangga yang bergabung kepada ordo Hemiptera.
- 5) C. Jawaban yang benar adalah **C**. Pada dunia serangga, sayap merupakan hasil dari penambahan tungkai baru yang termodifikasi menjadi sayap. Asal mula sayap ini merupakan salah satu keunikan dari serangga dan membedakannya dari hewan lain di mana sayap merupakan modifikasi dari tungkai yang telah ada.

- 6) A. Jawaban yang benar adalah **A**. Herbivor adalah kelompok serangga yang memangsa tumbuhan, dendritivor adalah kelompok serangga yang mengonsumsi jaringan tumbuhan dan hewan yang telah mati, dan nectarivor adalah kelompok serangga yang mengonsumsi nektar yang dihasilkan oleh bunga.
- 7) A. Jawaban yang benar adalah **A**. Kelebihan dari senyawa gliserol adalah kemampuannya dalam mengubah struktur molekul dari suatu larutan dalam bentuk cairan sehingga menurunkan titik beku dari cairan tersebut.
- 8) C. Jawaban yang benar adalah **C**. Serangga memiliki sistem pernapasan yang berbeda di mana mereka menggunakan lubang-lubang di sisi tubuh mereka. Lubang-lubang tersebut tersambung kepada saluran yang langsung menuju ke jaringan tubuh dari serangga. Beberapa serangga menggunakan insang sebagai alat pernapasan mereka, akan tetapi hanya terbatas pada periode sebelum dewasa.
- 9) A. Jawaban yang benar adalah **A**. Sebagaimana telah diterangkan pada jawaban pertanyaan sebelumnya, serangga menggunakan trakea sebagai sistem pernapasan mereka. Dengan sistem ini udara langsung bergerak menuju ke jaringan tanpa berikatan pada darah serangga. Sistem ini juga merupakan kompensasi di mana darah serangga memiliki kemampuan yang rendah untuk mengikat oksigen.
- 10) D. Jawaban yang benar adalah **D**. Kupu-kupu tidak mengalami perubahan ukuran tubuh. Kupu-kupu yang dihasilkan dari proses metamorfosis sempurna sudah matang secara reproduksi dan telah siap untuk kawin. Kupu-kupu menghisap nektar dari bunga tidak bertujuan untuk menambah ukuran tubuh, melainkan hanya untuk mendapatkan makanan sebagai sumber energi untuk beraktivitas.

Tes Formatif 2

- 1) C. Jawaban yang benar adalah **C**. *Aphis gossypii* adalah salah satu serangga hama utama pada pertanian dan menjadi vektor bagi beberapa penyakit tumbuhan, *Bombyx mori* adalah nama ilmiah dari ulat sutera penghasil benang sutera, *Aphis mellifera* adalah nama ilmiah dari lebah madu yang menghasilkan madu, lilin, dan propolis

yang banyak digunakan oleh manusia. Sedangkan *Laccifera lacca* adalah nama ilmiah untuk serangga penghasil lac.

- 2) A. Jawaban yang benar adalah **A**. Dalam aplikasi serangga entomopatogen harus dipenuhi berbagai prosedur salah satunya adalah tingkat spesialisasinya dengan organism hama. Bila ini tidak dilakukan, maka serangga entomopatogen dapat berkembang menjadi hama dengan menyerang jenis-jenis lokal yang bukan target dari mereka. Terlebih bila jenis-jenis nontarget ini lebih mudah untuk diburu.
- 3) C. Jawaban yang benar adalah **C**. Definisi serangga merugikan datang dari manusia yang berkaitan dengan kepentingan ekonomi dari manusia. Hal ini tidak berkaitan dengan tugas dan fungsi dari serangga-serangga dekomposer dalam membentuk tanah.
- 4) A. Jawaban yang benar adalah **A**. Lalat Tananidae adalah salah satu serangga yang menyerang sapi, kutu loncat merupakan serangga yang menjadi hama utama pada tanaman pertanian, nyamuk *Aedes* adalah serangga yang membantu dalam menyebarkan penyakit demam berdarah, sedangkan wasp lebih banyak berperan sebagai serangga entomopatogen.
- 5) B. Jawaban yang benar adalah **B**. Biomagnifikasi lahir akibat adanya penggunaan insektisida secara berlebihan oleh manusia sehingga menimbulkan residu insektisida (dalam hal ini adalah DDT) di lingkungan yang terbawa oleh hewan-hewan di alam sampai ke manusia yang merupakan puncak dari rantai makanan. Masalah biomagnifikasi ini menjadi salah satu cikal bakal lahirnya sistem pengendalian hama terpadu. Penggunaan insektisida memang dapat menyebabkan biomagnifikasi akan tetapi bukan merupakan satu-satunya faktor. Bahan buangan industri juga dapat menimbulkan fenomena biomagnifikasi di alam.
- 6) C. Jawaban yang benar adalah **C**. Pengendalian hama terpadu mengacu kepada konsep nilai ambang ekonomi. Dalam prakteknya digunakan berbagai metode untuk menurunkan populasi serangga hama sampai di bawah titik merugikan secara ekonomis.
- 7) A. Jawaban yang benar adalah **A**. *Hylema trichdactyla* adalah serangga vektor penyakit pada kentang, *Graminella nigrifrons* adalah serangga vektor penyakit pada jagung, sedangkan *Gyponana hasta* adalah serangga vektor penyakit pada tanaman wortel.

- 8) A. Jawaban yang benar adalah **A**. Hidrogen tidak pernah digunakan dalam proses fumigasi karena sifatnya yang tidak stabil dan mudah meledak.
- 9) B. Jawaban yang benar adalah **B**. Serangga dewasa yang dikonsumsi oleh hewan ternak umumnya akan mati di dalam lambung dari hewan ternak. Serangga yang dapat memasuki tubuh hewan melalui saluran pencernaan hanya serangga-serangga tertentu yang berada pada fase belum dewasa.
- 10) B. Jawaban yang benar adalah **B**. AIDS tidak dapat ditularkan oleh serangga.

Glosarium

Entomopatogen	: organisme yang memiliki kemampuan untuk memangsa serangga atau menurunkan populasi total dari suatu jenis serangga tertentu.
Feromon jejak	: senyawa kimia yang dihasilkan oleh serangga untuk mengenali jejak yang ditinggalkan oleh serangga dari jenis yang sama.
Feromon seks	: senyawa kimia yang dihasilkan oleh serangga untuk mengenali lawan jenisnya dalam proses perkawinan.
Fumigasi	: teknik pengendalian populasi serangga dengan menggunakan insektisida menggunakan gas tertentu atau campuran insektisida dengan gas.
Histogenesis	: pembentukan jaringan tubuh baru setelah proses histolysis.
Histolysis	: proses pemecahan jaringan tubuh larva serangga pada saat proses akhir perubahan menuju serangga dewasa, biasanya terjadi di dalam kepompong.
Karnivor	: serangga yang mengonsumsi hewan lain.
Metamorfosis	: perubahan bertahap pada bentuk tubuh dari serangga dari larva menuju ke serangga dewasa.
Ovipositor	: bagian dari alat reproduksi serangga betina yang berfungsi sebagai alat untuk meletakkan telur.
Paedogenesis	: sistem reproduksi pada level larva atau belum dewasa.
Parasitoid	: serangga yang pada salah satu dari tahapan hidupnya hidup sebagai parasit pada hewan lain.
Phytophagus	: serangga yang mengonsumsi bagian tubuh tumbuhan.
Polinasi	: proses pertemuan sel kelamin jantan berupa serbuk sari dengan sel kelamin betina pada

	kepala putik di bunga.
Posterior	: bagian belakang.
Pupa	: tahap perubahan dari stadium larva menuju ke stadium dewasa pada serangga yang mengalami metamorfosis sempurna. Pada tahap ini terjadi proses histolysis dan histogenesis.
Sengat	: modifikasi bagian ujung dari abdomen, digunakan sebagai alat pertahanan dan umumnya mengandung sejenis senyawa racun
Stadium	: periode antarmolting.

Daftar Pustaka

- Barenbaum, M.R. (1995). *Bugs in the System*. Insects and their Impact on Human Affairs. Helix Books. Reading, M.A.: Addison-Wesley.
- Ben-Dov, Y & Hodgson, C. J. (eds.). (1994). *Soft Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Amsterdam: Elsevier/North-Holland.
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A., Johnson, N.F. (2005). *An Introduction to the Study of Insect*. 7th ed. Belmont, C.A.: Thomson Brooks/Cole.
- Bossart, J. I & Carlton, C.E. (2002). Insect Conservation in America. *American Entomologist* 40 (2), 82-91.
- Collins, N.M. & Thomas, J.A. (eds.). (1991). *Conservation of Insects and their Habitats*. London: Academic Press.
- DeFoliart, G.R. (1989). The human use of insects as food and as animal feed. *Bulletin of the Entomology Society of America* 35, 22-35.
- DeFoliart, G.R. (1999). Insect as food: Why the Western Attitude is Important. *Annual Review of Entomology* 44, 21-50.
- Feltwell, J. (1990). *The Story of Silk*, Alan Sutton, Stroud, Gloucestershire.
- Gaston, K.J & Hudson, E. (1994). Regional patterns of diversity and estimates global insect species richness. *Biological Conservation* 3, 493-500.
- Gaston, K.J. (1994). Spatial pattern of species description: how is our knowledge of the global insect fauna growing? *Biological Conservation* 67, 37-40.
- Gillot, C. (1995). *Entomology*, 2nd ed. New York: Plenum Press.
- Hodges, R.J & Surendro. (1996). Detection of controlled atmosphere changes in CO₂-flushed sealed enclosures for pest and quality management of bagged milled rice. *Journal of Stored Products Research*, 32, 97-104.
- Kearns, C.A & Inouye, D.W. (1997). Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *Bioscience*, 47, 297-307.

Novotny, V, Basset, Y, Miller, SE, Weiblen, G.D. Bremer, B, Cizek, L. & Drozi, P. (2002). Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature* 416, 841-844.

Price, P.W. (1997). *Insect Ecology*, 3rd ed. John Wiley & Sons. New York.

Speight, M.R., Hunter, MD & Watt, A.D. (1999). *Ecology of Insect: Concepts and Applications*. Oxford: Blackwell Science.

Stork, N.E. (1993). How many species are there? *Biodiversity and Conservation* 2, 215-232.

Stork, N.E, Adis, J & Didham, RK (eds.). (1997). *Canopy Arthropods*. London: Chapman & Hall.

The Food Insects Newsletter, July. (1996). Vol. 9, No. 2, ed. by Florence V. Dunkel, Montana State University) and Bugs In the System, by May Berenbaum Iowa State University.