



RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)
PROGRAM STUDI : PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS: PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS

MATA KULIAH		KODE	Rumpun MK	BOBOT (sks)	SEMESTER	Tgl Penyusunan
Entomologi Umum		PPT 221		3 (2-1)	IV (Empat)	
OTORISASI		Dosen Pengembang RPS		Koordinator Rumpun MK		Ka Program Studi
		Ir.Rusdi Rusli,MS Dr. Hasmiandy Hamid, SP, MSi Dr.Eka Candra Lina,SP,MSi Dr.Ir.Arneti,MS Dr.My Syahrawati,SP,MSi Ir. Yunisman, MP		Ir.Rusdi Rusli,MS		Dr.Yulmira Yanti, SSi,MP
Capaian Pembelajaran (CP)		CP Program Studi				
		S9	Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri			
		KU1	Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya			
		KU2	Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur			
Catatan: S = Sikap P = Pengetahuan KU = Keterampilan Umum KK = Keterampilan Khusus K = Kemampuan Kerja		P1	Menguasai pengetahuan dasar tentang biologi dan ekologi organisme pengganggu tanaman (OPT) secara umum sabagai dasar pengendalian OPT terpadu untuk mecegah kehilangan hasil tanaman dalam usaha pertanian berkelanjutan pada proses produksi dan pasca panen			
		P3	Mampu menguasai pengetahuan tentang faktor-faktor penyebab penyakit pada tanaman			
		P4	Mampu memahami biologi dan ekologi organisme pengganggu tanaman sehingga bisa dimanfaatkan untuk pengelolaan OPT			
		CP Mata Kuliah				
		1	Mahasiswa mampu menjelaskan tentang kedudukan serangga dalam arthropoda, hubungan serangga, tanaman dan manusia, serta evolusi serangga			
		2-5	Mahasiswa mampu menjelaskan morfologi luar serangga			

Serangga dan Manusia

Bahan Bacaan:

- ◇ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal.
- ◇ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal. 2-14
- ◇ An Introduction to the Study of Insects, 6th ed. Hal. 1-23

Serangga

- ◊ Merupakan makhluk dengan jumlah spesies terbanyak di dunia
- ◊ Diperkirakan terdapat lk. 4-6 juta spesies. Saat ini telah teridentifikasi lk. 1 juta spesies, dan merupakan 70% dari seluruh spesies organisme yang diketahui
- ◊ Mempunyai peran penting dalam kehidupan manusia
- ◊ Karena itu sudah seharusnya kita ingin tahu lebih banyak

Biodiversitas Serangga

- ◊ Coleoptera merupakan ordo yang mempunyai spesies terbesar (400.000 spesies), disusul oleh Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, dan Hemiptera
- ◊ Sebagian besar serangga di negara maju sudah teridentifikasi. Sebaliknya hanya sebagian kecil serangga di hotan tropis (yang kebetulan negara berkembang dan memiliki entomologiawan sedikit) teridentifikasi.
- ◊ Keberhasilan serangga dalam evolusi karena: ukuran kecil, sistem pernafasan dengan trakea, makanan beraneka ragam, serta kemampuan beradaptasi yang tinggi, generasi yang pendek, metamorfosis, dan sayap pada dewasa

Serangga yang menguntungkan

- ◇ Sebagian besar serangga adalah menguntungkan (lebih dari 90%)
- ◇ Serangga yang menguntungkan:
 - ◇ Penyerbuk tanaman
 - ◇ Menghasilkan produk
 - ◇ Pengurai bahan organik
 - ◇ Sebagai salah satu rantai makanan dalam ekosistem
 - ◇ Musuh alami (menyerang hama)
 - ◇ Bahan makanan
 - ◇ Berguna di bidang Kedokteran
 - ◇ Sebagai model dalam ilmu pengetahuan

Sebagai Pollinator

- ◊ Banyak tanaman tergantung serangga dalam pollinasinya
- ◊ Di USA bernilai 20 Milyar US dollar. Di Indonesia dan negara lain belum diketahui
- ◊ Serangga penyerbuk yang terbesar adalah lebah madu (*Apis mellifera*)

Penghasil produk komersial

- ◇ Madu dan lilin ('malam')
 - ◇ Di USA, nilai produksi madu dan malam 250 juta US dollar
- ◇ Sutra
 - ◇ Industri sutera di China sejak 2500 SM
 - ◇ Berasal dari pupa ulat sutera *Bombyx mori*
- ◇ Selak (*shellac*)
 - ◇ Merupakan sekresi kutu lac (*Laccifer lacca*)
- ◇ Pewarna dan materi lain
 - ◇ Berasal dari kutu (*scale insects*)
 - ◇ Ada yang digunakan untuk 'obat'. Contoh lalat Spanyol (*Spanishfly*)

Pemakan Serangga (*entomophagous insects*)

- ◊ Serangga mempunyai potensi tinggi untuk meningkatkan populasinya dalam jumlah besar
- ◊ Serangga pemakan serangga dapat menekan populasi serangga tertentu secara nyata
- ◊ Contoh yang terkenal adalah kutu yang menyerang tanaman jeruk di California, *Icerya purchasi* pada tahun 1868. Dalam waktu 15 tahun, hama tersebut telah merusakkan produksi jeruk di California. Tahun 1888 diimport kutu tempurung, *Rodolia cardinalis* dari Australia. Dalam waktu 2 tahun dapat mengendalikan populasi kutu.

Serangga Pengurai/tanah

- ◊ Makan bahan organik dari sisa tanaman, binatang, dan kotoran binatang
- ◊ Sangat penting bagi keseimbangan lingkungan, khususnya di hutan
- ◊ Contoh terkenal: 'kumbang tai' (*dung beetles*). Di Mesir dianggap suci sejak ribuan tahun SM. Di import ke Australia untuk mengendalikan kotoran sapi di peternakan
- ◊ Serangga tanah dapat membuat tanah lebih subur dan mendapat oksigen lebih baik. Jumlah Kolembola dalam satu hektar dapat mencapai jutaan

Serangga Pemakan Gulma

- ◊ Banyak serangga makan tanaman, namun hanya sebagian kecil yang menjadi hama ('menurut manusia')
- ◊ Sebagian besar serangga pemakan tanaman menguntungkan manusia, karena memakan gulm atau tumbuhan lain yang tidak diinginkan
- ◊ Contoh klasik:
 - ◊ Kaktus (*Opuntia* spp.) didatangkan ke Australia dan pada tahun 1925 telah menjalar pada areal seluas lebih dari 25 juta hektar.
 - ◊ Pada tahun 1925 diimport *Cactobalctis cactorum*, yang larvanya meubangi kaktus
- ◊ Kumbang kentang Colorado berubah status dari pemakan gulma menjadi hama penting pada kentang

Serangga sebagai Makanan Manusia dan Hewan

- ◊ Banyak hewan makan serangga sebagai makanan utama (ikan, burung, kelelawar dll.)
- ◊ Manusia di beberapa daerah tertentu makan serangga.
 - ◊ Di Indonesia: ulat jati, ulat turi, laron, belalang
 - ◊ Di Meksiko: ulat dijual dalam kaleng
 - ◊ Di Thailand: dibikin bumbu (Belostomatidae)
 - ◊ Di Afrika: laron dan bebalang
- ◊ Nilai gizi serangga sangat tinggi (protein dan lemak), namun dapat menyebabkan alergi

Serangga di bidang Kedokteran

- ◊ Lalat Spanyol telah lama dianggap sebagai 'obat' bagi lelaki di Meksiko
- ◊ Sengat lebah digunakan untuk mengobati sakit reumatik
- ◊ Yang paling terkenal adalah: belatung lalat (*blow fly*) pada perang dunia I digunakan untuk menyembuhkan luka yang dalam. Setelah diselidiki ternyata lalat tersebut mengeluarkan *allantoin*, zat yang dapat membantu penyembuhan luka

Serangga di bidang Ilmu Pengetahuan

- ◊ Sebagai model dalam mempelajari perilaku, gerak, biologi, dan genetik
- ◊ Populasi serangga tertentu digunakan untuk indikator keadaan ekologi

Serangga di bidang Aestetika

- ◊ Banyak serangga digunakan sebagai model untuk seni dan pola warna dari pakaian
- ◊ Karena keindahannya, banyak orang yang mempunyai hobby mengkoleksi serangga
 - ◊ Serangga termahal adalah kumbang dari Australia, seharga 40 000 US dollar
 - ◊ Di Indonesia banyak serangga dikumpulkan hidup dan dijual ke Jepang

Serangga yang Merugikan

- ◇ Serangga yang merugikan:
 - ◇ Hama tanaman (kompetisi dengan manusia)
 - ◇ Vektor penyakit pada tanaman, hewan dan manusia
 - ◇ Merusak bangunan
 - ◇ Mengganggu manusia (rumah, jalan, bandara)

Serangga sebagai Hama Tanaman/bahan di penyimpanan

- ◇ Hampir semua tanaman diserang oleh serangga hama
 - ◇ Wereng coklat pada padi
 - ◇ Kutu loncat pada lamtoro
- ◇ Selain merusak langsung, dapat juga sebagai vektor penyakit virus tanaman
- ◇ Ada yang menjadi hama bahan makanan di gudang
- ◇ Milyaran rupiah digunakan untuk pengendalian hama

Serangga Menyerang Manusia dan Hewan

- ◇ Menggigit atau menyengat (semut, lebah)
- ◇ Menjadi vektor penyakit pada manusia:
 - ◇ Malaria oleh nyamuk *Anopheles* sp.
 - ◇ Demam berdarah oleh nyamuk *Aedes aegypti*
 - ◇ Colera oleh lalat *Musca domestica*
 - ◇ dll.
- ◇ Menjadi vektor penyakit pada hewan

Serangga Merusak Bangunan dan Pengganggu

- ◇ Rayap merusak bangunan
 - ◇ Ratusan juta rupiah per tahun digunakan untuk pengendalian rayap
- ◇ Pengganggu:
 - ◇ Kecoak
 - ◇ Semut

Anatomi Luar

Bahan Bacaan:

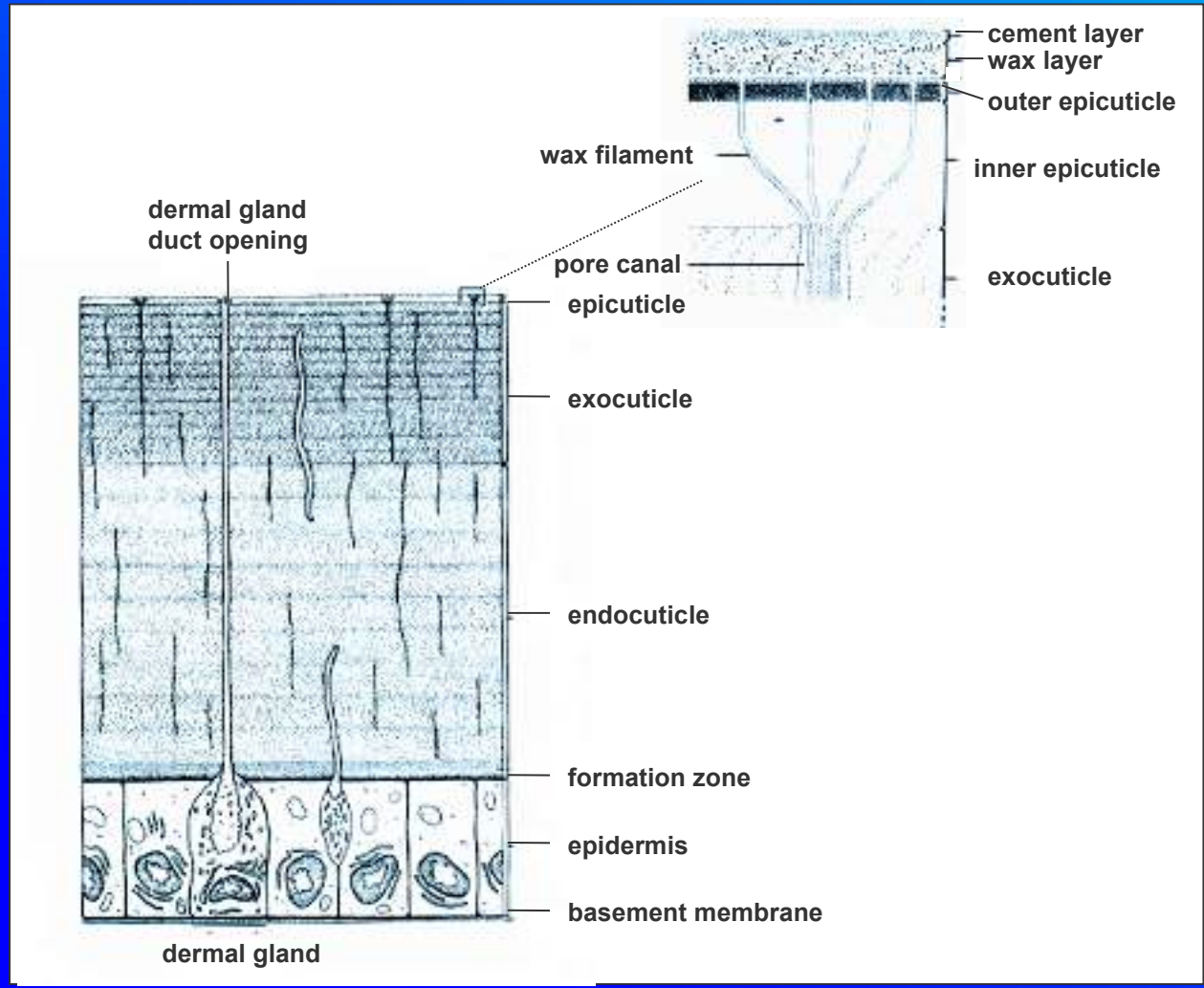
- ◊ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal.
- ◊ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal. 15-44
- ◊ An Introduction to the Study of INSECTS 6th ed. Hal. 24-89

Kerangka luar (*Exoskeleton*)

Kutikel

- ◊ Kunci sukses serangga
- ◊ Merupakan kerangka luar (eksoskeleton)
- ◊ Berfungsi menjaga kehilangan air pada serangga
- ◊ Struktur yang tipis dan kompleks:
 - ◊ prokutikel (25%-50% chitin)
 - ◊ epikutikula (ada lapisan lilin)
 - ◊ bersifat hidrofobik
 - ◊ eksokutikula
 - ◊ endokutikula
 - ◊ epidermis
 - ◊ membran dasar

Struktur kutikula serangga



Entomologi Umum (HPT-221)

HPT Faperta Univ. Andalas

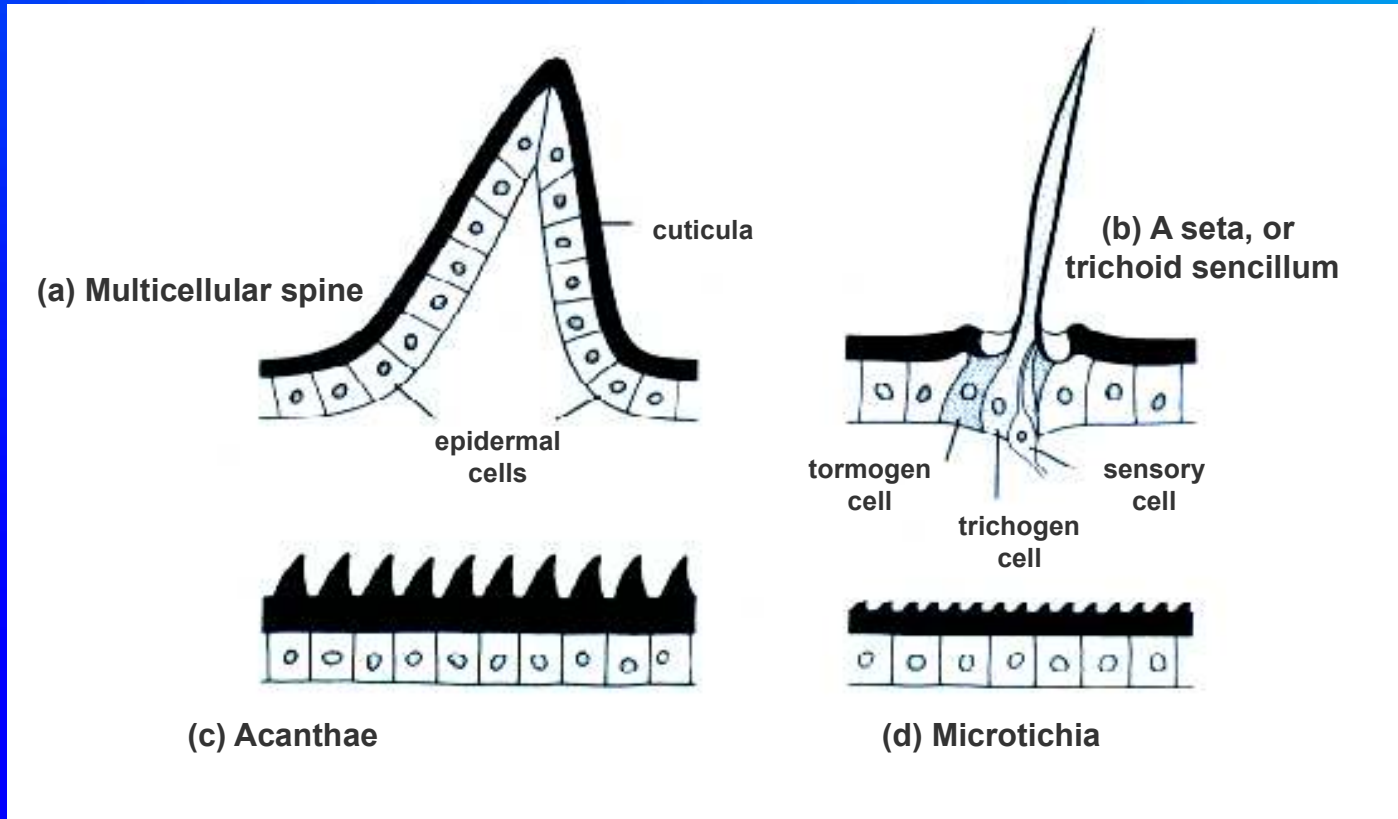


- ◊ Supaya tetap elastis, molekul chitin disambungkan menjadi menjadi mikrofibril yang fleksibel dan kuat
- ◊ Komponen kutikel seperti lilin, semen, feromon, dan bahan kimia pertahanan diproduksi di epidermis
- ◊ Empat tipe 'tonjolan' pada kutikel:
 - ◊ spines
 - ◊ setae (hairs, macrotrichia or trichoid)
 - ◊ acanthae
 - ◊ microtrichia
- ◊ Warna dihasilkan dari interaksi cahaya dan kutikel:
 - ◊ Fisik (interferen dan difraksi)
 - ◊ Pigmentasi:
 - ◊ hasil metabolisme serangga sendiri
 - ◊ dari makanan atau simbiosis

Kerangka dalam (*endoskeleton*= *aphodemes*)

- ◊ Aphopysis (seperti jari)
- ◊ Phragma (besar, di toraks)

Tipe 'tonjolan' pada kutikula



Segmentasi dan Tagmosis

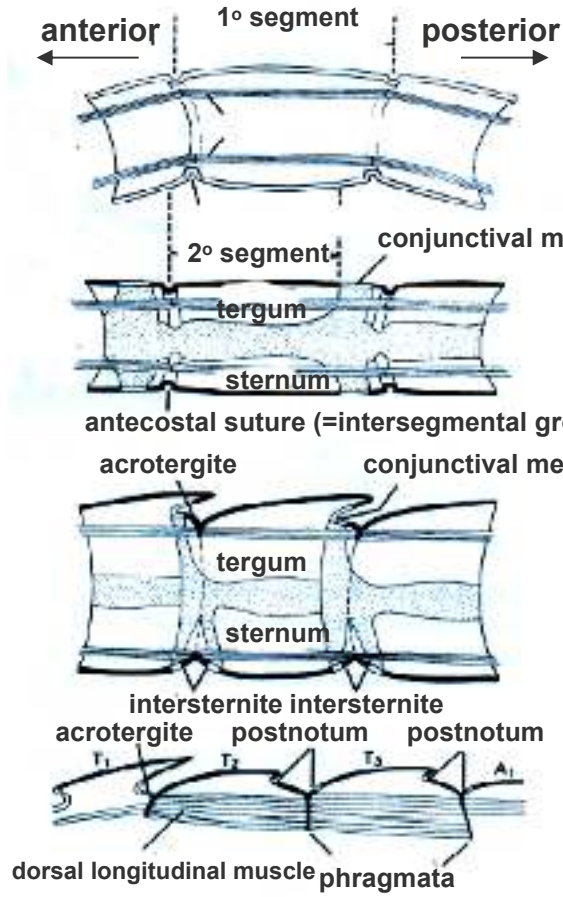
- ◊ Segmentasi yang terlihat pada serangga dewasa tidak homolog langsung dengan larva
- ◊ Segmentasi primer: setiap segmen mewakili area yang tersklerotisasi (gambar a)
- ◊ Segmentasi sekunder: terdapat 'selaput penyambung' (*conjunctival mebrane*) pada ruas
- ◊ Pada proses tagmosis menghasilkan tagmata: kepala, toraks dan abdomen
- ◊ Pada proses di atas, 20 ruas asli terbagi menjadi (secara embriologi) 6 ruas di kepala, 3 ruas di toraks, dan 11 ruas di abdomen

Tipe segmentasi tubuh serangga



Entomologi Umum (HPT-221)

HPT Faperta Univ. Andalas



Segmentasi primer, pada larva serangga yang lunak

Segmentasi sederhana

Segmentasi sekunder

Irisan memanjang pada serangga bersayap

- ◊ Untuk lebih mudah memahami morfologi, diperlukan pengetahuan tentang orientasi tubuh serangga (lihat gambar):
 - ◊ longitudinal (dari anterior ke posterior)
 - ◊ dorsoventral (dorsal dari atas, ventral dari bawah)
 - ◊ transverse atau lateral

- ◊ Untuk embelan seperti tungkai atau sayap, proximal atau basal untuk bagian yang dekat tubuh, sedangkan distal atau apical berarti ujung yang jauh dari tubuh

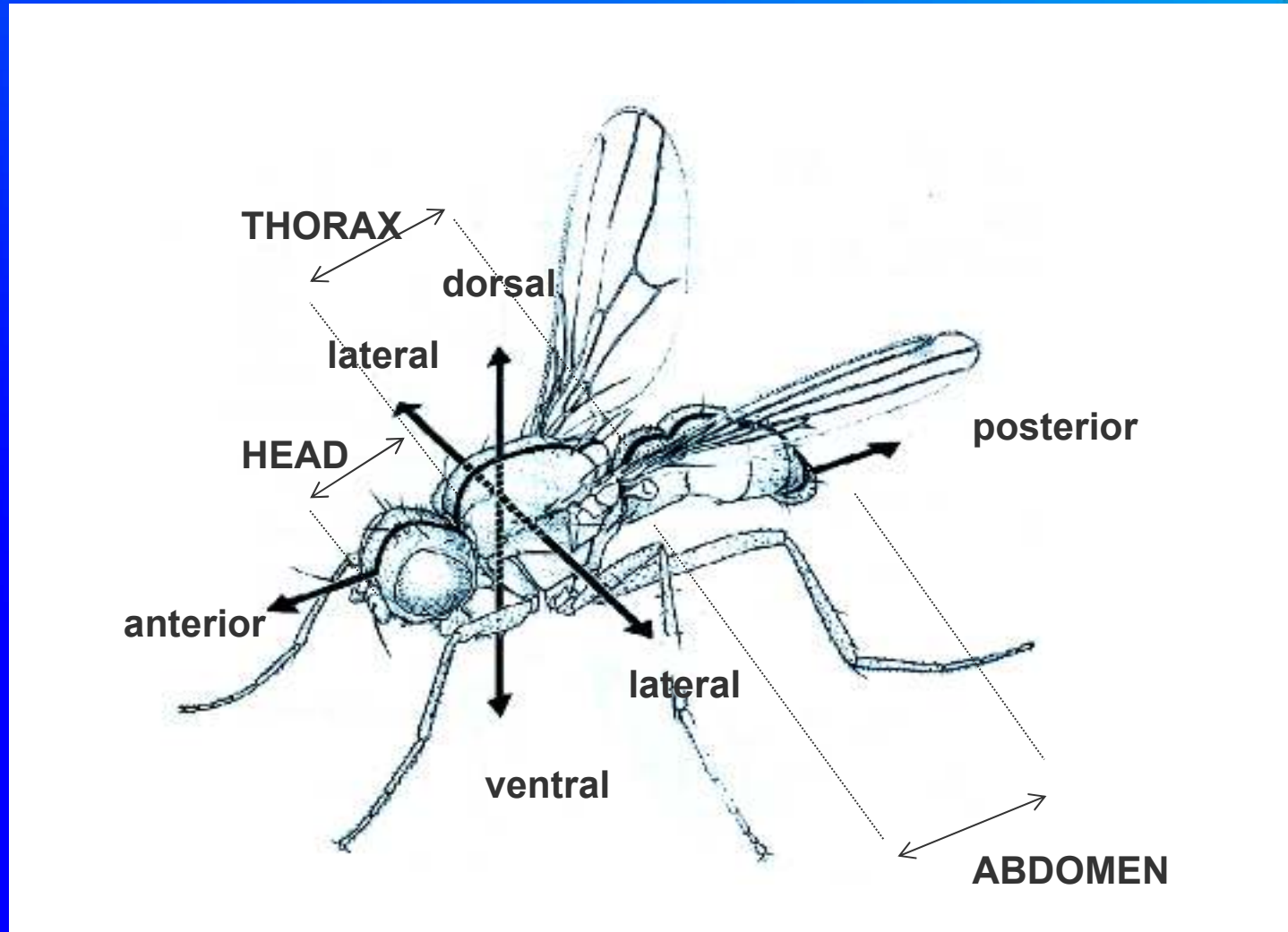
- ◊ Mesal atau medial jika bagian dekat dengan midline, atau lateral jika dekat dengan pinggiran tubuh

- ◊ Bagian prinsip tubuh serangga:
 - ◊ dorsum, permukaan atas
 - ◊ venter, permukaan bawah
 - ◊ dua lateral pleura (tunggal: pleuron)

- ◊ 'Garis' yang membatasi daerah sklerotisasi disebut sklerit

- ◊ Segmentasi utama:
 - ◊ tergum (bagian dorsal, jamak: terga)
 - ◊ sternum (bagian bawah, jamak sterna)
 - ◊ pleuron (bagian samping)
 - ◊ kalau sklerit bagian dari tiga di atas disebut: tergite, sternite, dan pleurite

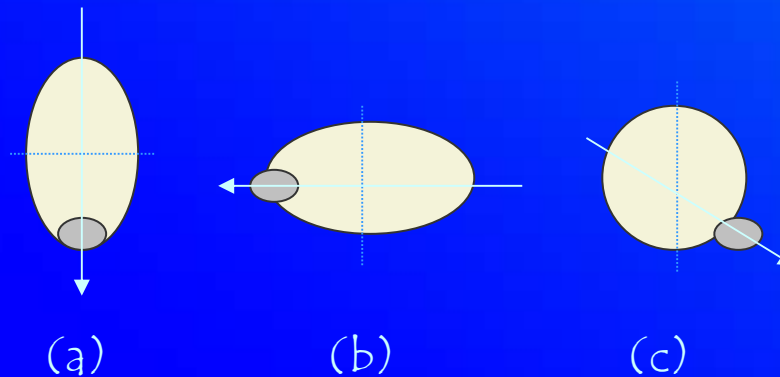
Orientasi tubuh serangga





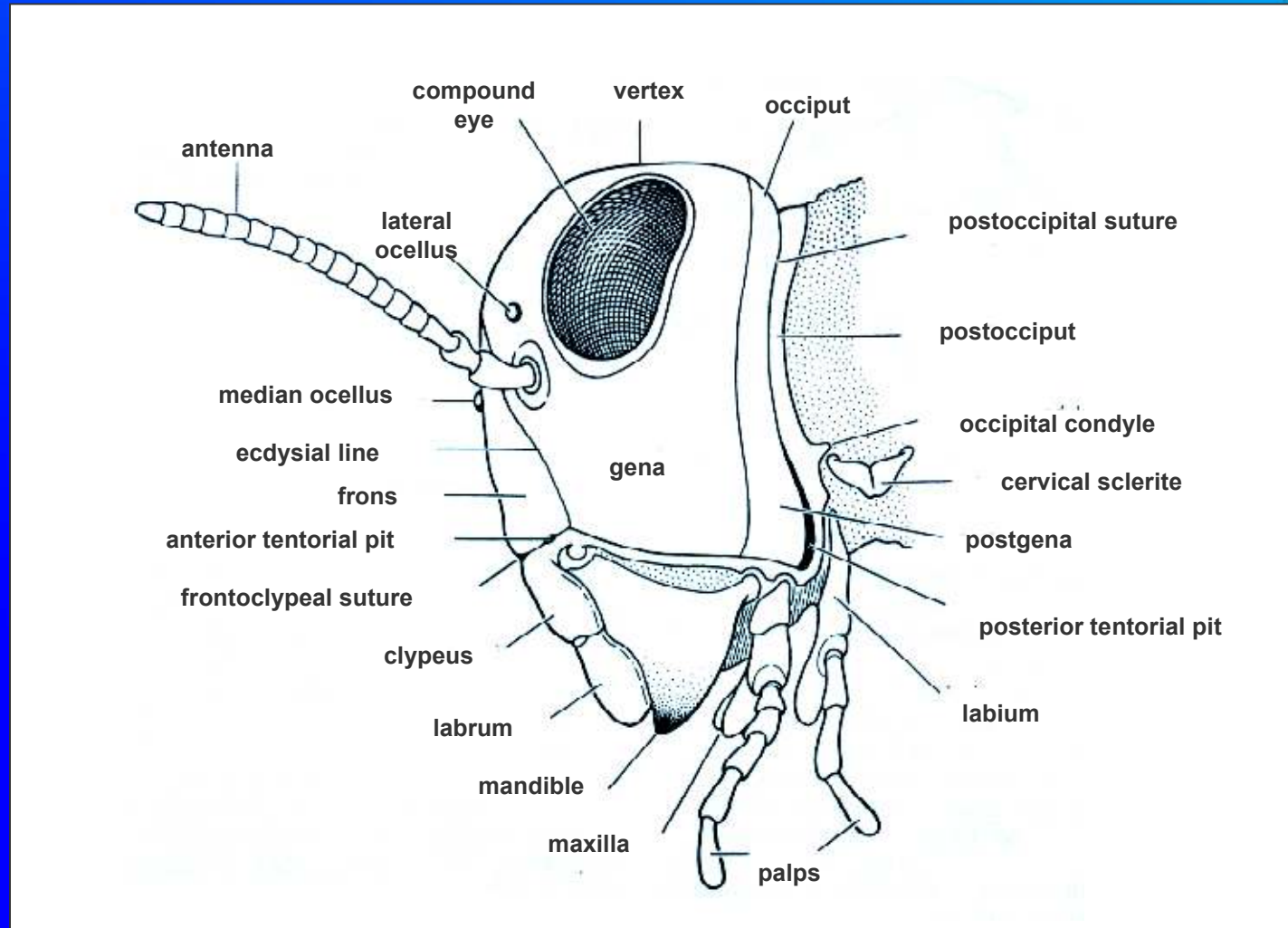
Kepala

- ◊ Tipe letak alat mulut:
 - ◊ *hypognathous*: alat mulut di bawah spt, belelang (a)
 - ◊ *prognathous*: alat mulut di depan spt. kumbang (b)
 - ◊ *opistognathous*: alat mulut ke arah belakang spt. aphid, tonggeret (c)

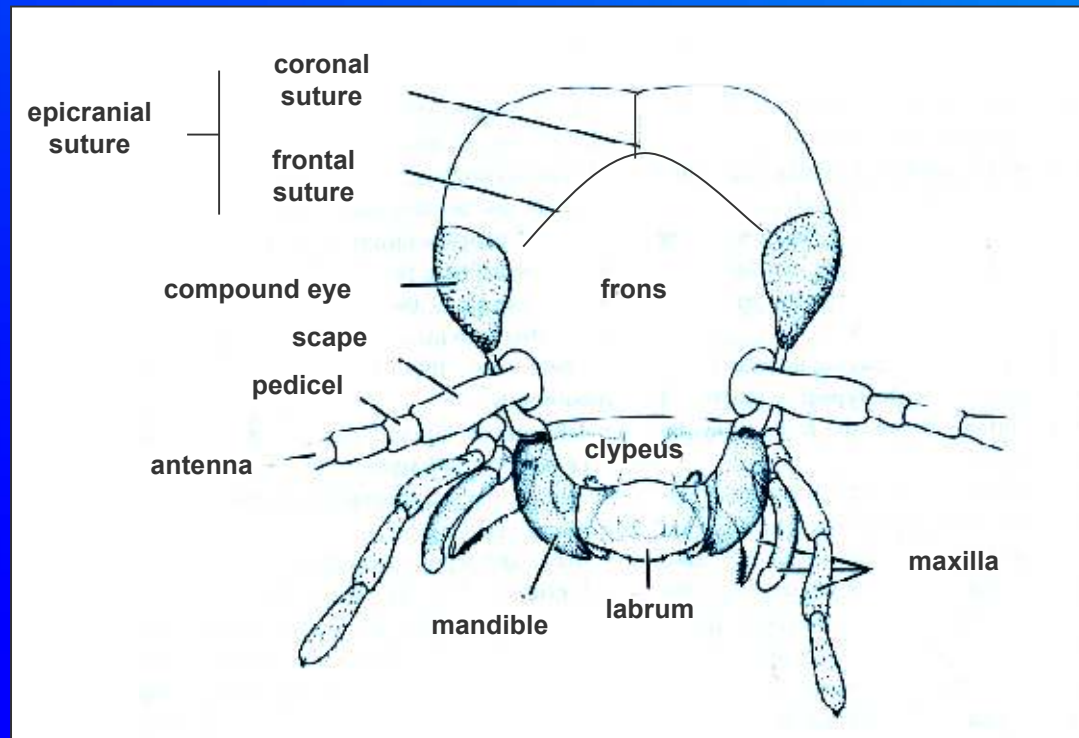


- ◊ Bagian kepala terbagi oleh garis eksternal yang disebut *sutures*
- ◊ Pada kepala terdapat alat mulut, antena, alat penglihatan (mata majemuk dan mata sederhana-ocelli, *stemma* pada larva)
- ◊ Kerangka dalam pada kepala membentuk *tentorium*
- ◊ Alat mulut (lihat gambar):
 - ◊ *labrum*, 'bibir atas'
 - ◊ *hypopharinx*, struktur seperti lidah
 - ◊ *mandible*, taring
 - ◊ *maxillae* (tunggal *maxilla*)
 - ◊ *labium*, 'bibir bawah'
- ◊ Terdapat beberapa modifikasi alat mulut, contoh: lebah, kepik, lalat

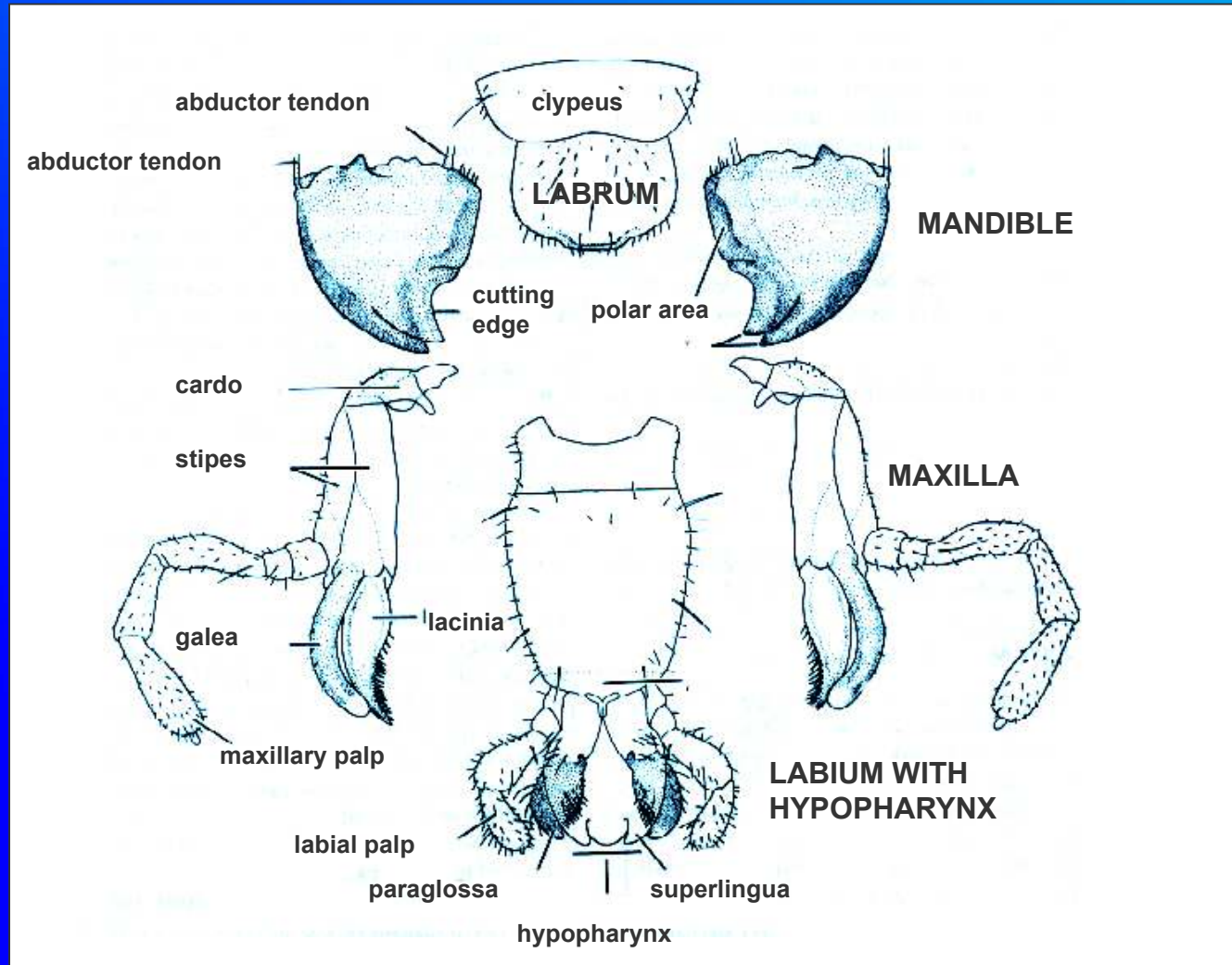
Kepala belalang



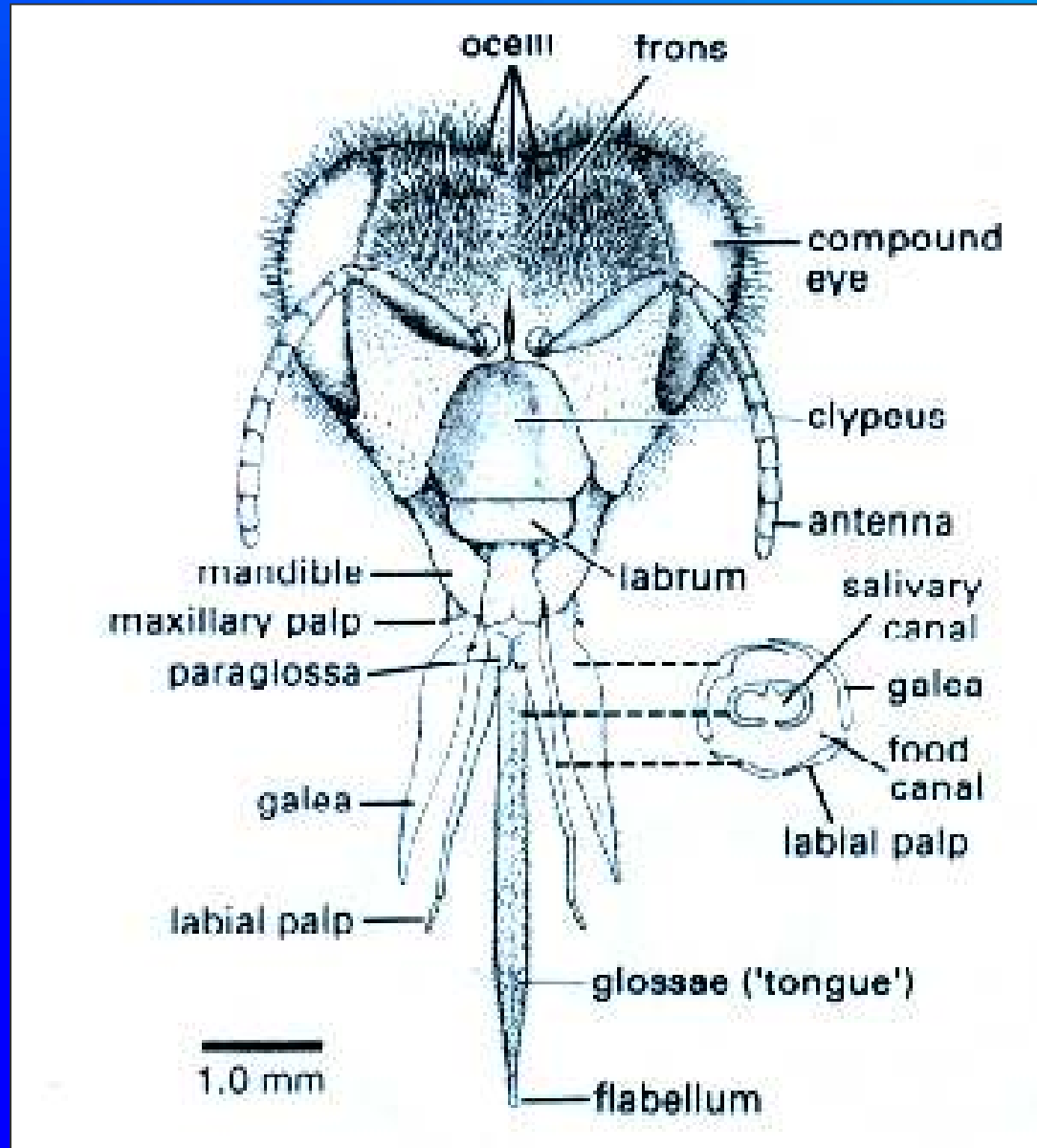
Kepala dan alat mulut (dari depan)



Bagian-bagian alat mulut (menggigit-mengunyah)



Alat mulut lebah



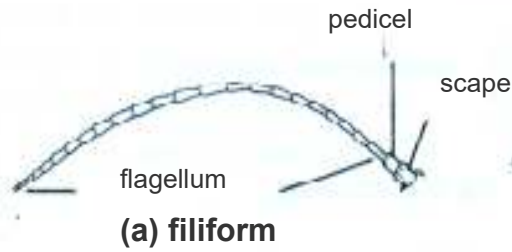


Antena

- ◊ Terdapat berbagai macam antena (lihat gambar)
- ◊ Bagian antena:
 - ◊ scape
 - ◊ pedicel (terdapat organ Johnston's)
 - ◊ flagellum
- ◊ Pada antena sering terdapat penerima rangsang berbentuk (*sensilla*, tunggal *sensillum*) seperti: rambut, cekungan, tonjolan yang berfungsi sebagai *chemoreceptor*, *mechanoreceptor*, *thermoreceptor* dan *hygroreceptor*.



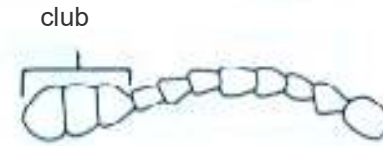
Berbagai macam bentuk antena



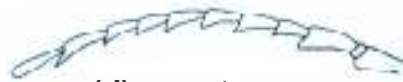
(a) filiform



(b) moniliform



(c) clavate or capitate



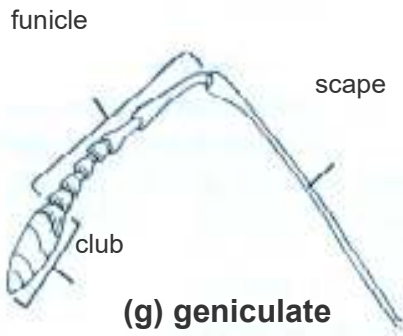
(d) serrate



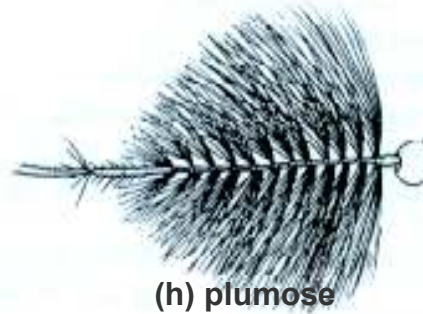
(e) pectinate



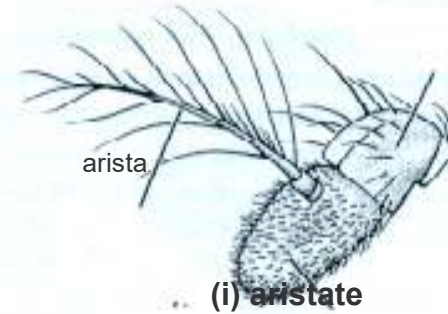
(f) flabellate



(g) geniculate



(h) plumose



(i) aristate

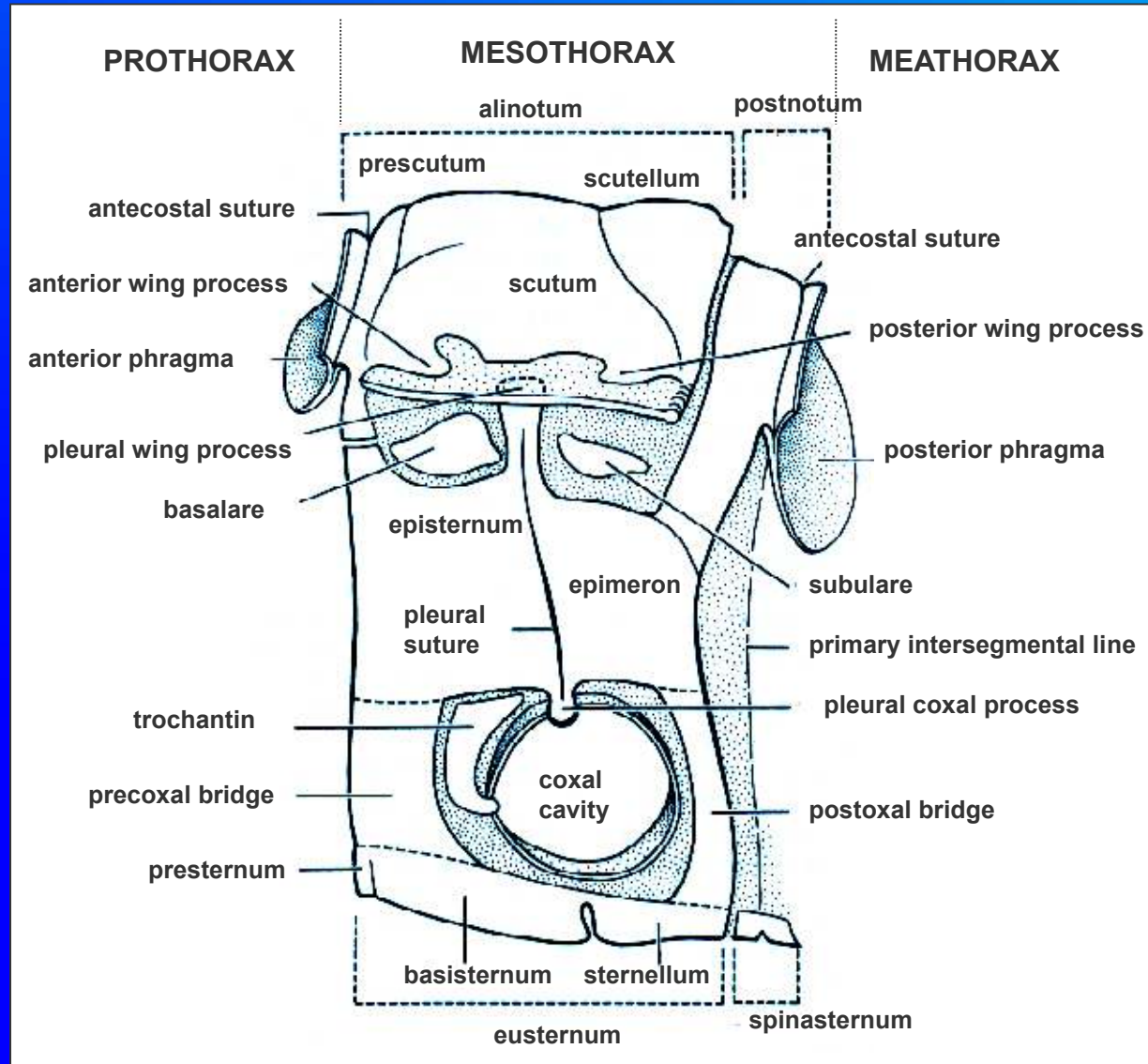


Toraks

- ◇ Terdiri dari tiga ruas:
 - ◇ pertama *prothorax*
 - ◇ kedua *mesothorax*
 - ◇ ketiga *metathorax*
- ◇ Terdapat 3 pasang tungkai pada masing-masing ruas
- ◇ Terdapat 2 pasang spirakel (*spiracles*) pada ruas ke dua dan ke tiga
- ◇ Terga pada toraks disebut nota (tunggal *notum*)-*pronotum* pada protoraks
- ◇ Nama-nama bagian toraks (lihat gambar)



Toraks



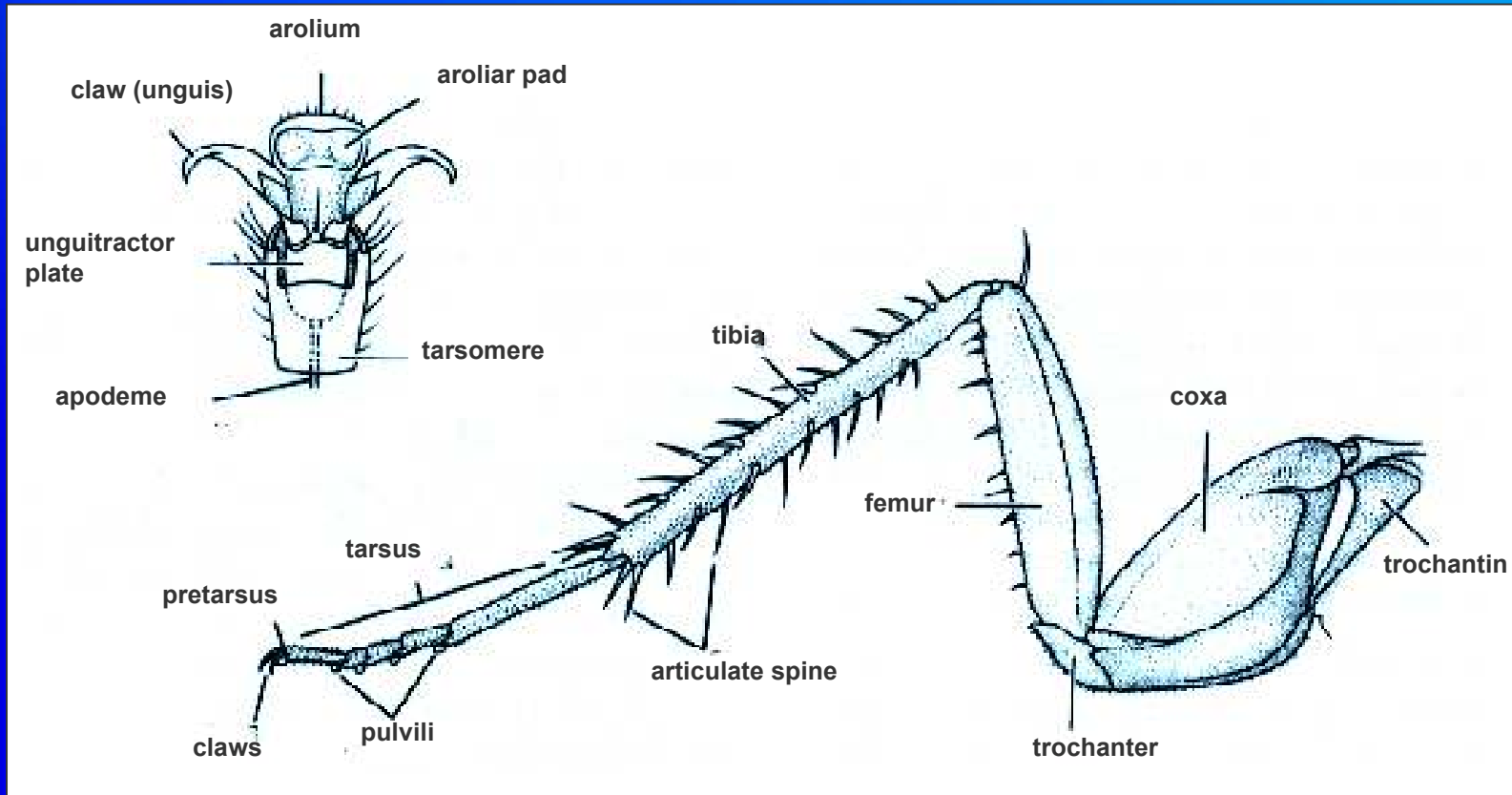


Tungkai

- ◊ Bagian dari proksimal ke distal adalah: coxa, trochanter, femur, tibia, tarsus, pretarsus (lihat gambar)
- ◊ Berdasarkan fungsinya, tipe tungkai adalah:
 - ◊ *gressorial* (ambulatorial), untuk jalan
 - ◊ *cursorial*, untuk lari
 - ◊ *saltatorial*, untuk loncat
 - ◊ *natatorial*, untuk renang, pada serangga air
 - ◊ *fossorial*, untuk menggali
 - ◊ *raptorial*, untuk menangkap mangsa
- ◊ Ada tungkai (palsu) pada larva serangga holometabola. Disebut *proleg* yang pada ujungnya terdapat kait, *crochets*



Bagian-bagian tungkai serangga



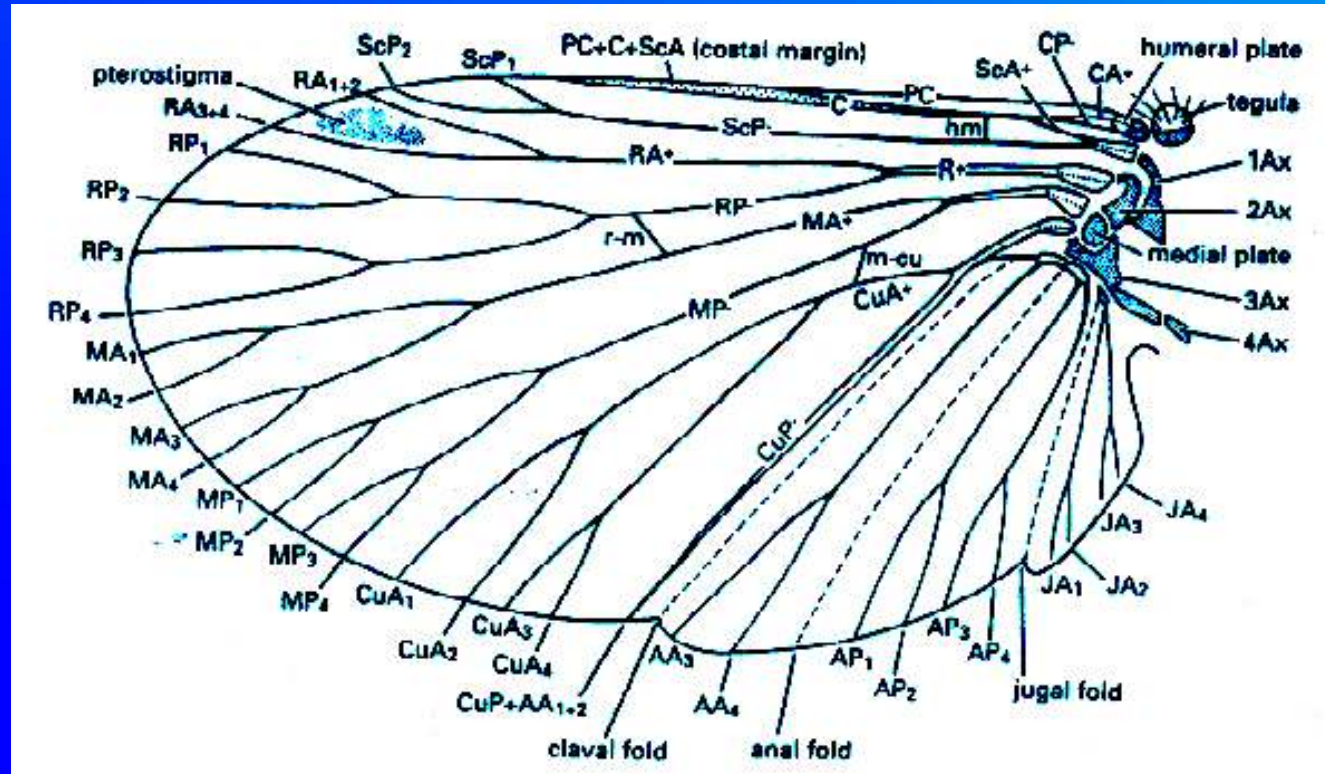


Sayap

- ◊ Sayap berkemang sempurna pada serangga dewasa (kecuali pada preimaginal Ephemeroptera)
- ◊ Beberapa serangga tak bersayap (*apterous*)
- ◊ Pertulangan (venasi) pada sayap yang utama adalah longitudinal dan sebagian kecil melintang (*cross vein*)
- ◊ Venasi sayap terdiri dari (lihat gambar):
 - ◊ *Subcosta (Sc)*
 - ◊ *Radius (R)*
 - ◊ *Media (M)*
 - ◊ *Cubitus (Cu)*
 - ◊ *Anal (A)*



Venasi pada sayap serangga

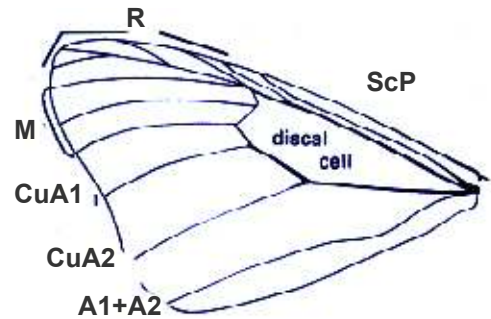


Entomologi Umum (HPT-221)

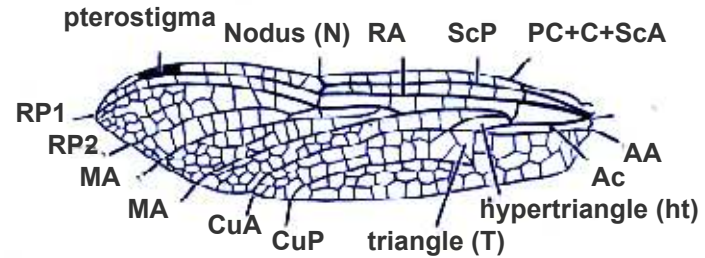
HPT Faperta Univ. Andalas



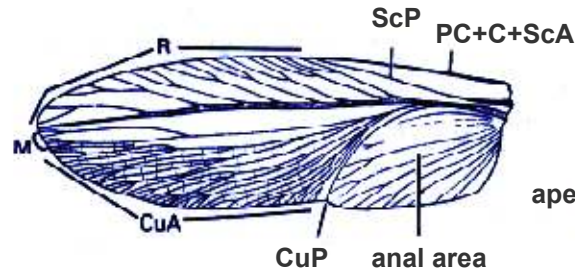
Berbagai jenis sayap serangga



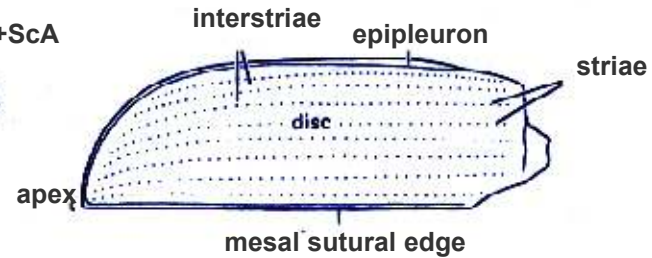
(a) Sayap depan kupu-kupu



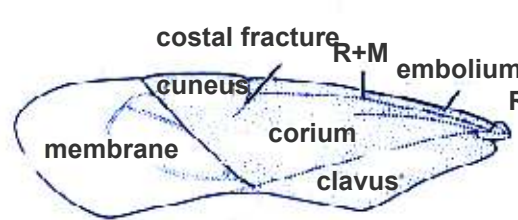
(b) Sayap depan capung



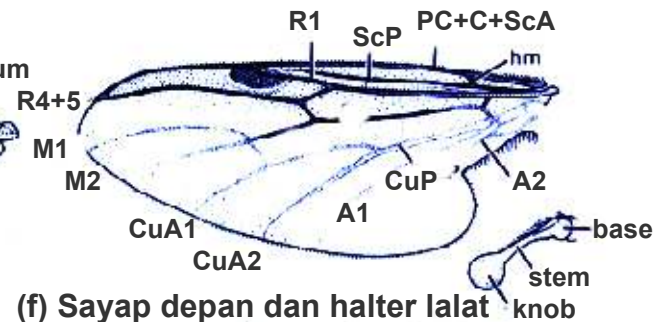
(c) Sayap depan kecoa



(d) Sayap depan kumbang



(e) Sayap depan kepik



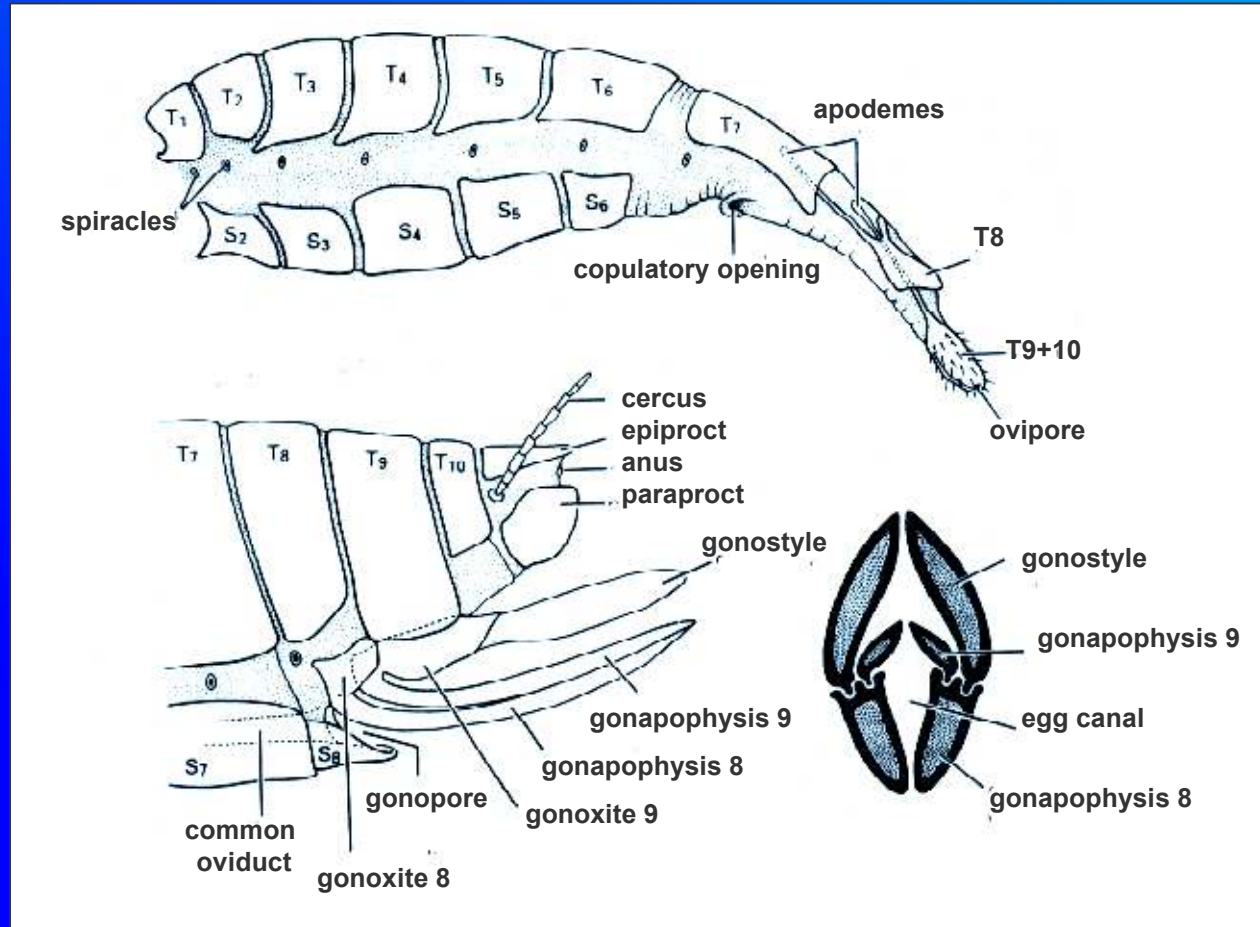
(f) Sayap depan dan halter lalat



Abdomen

- ◊ Biasanya terdiri 11 ruas, walaupun terkadang ruas 1 tereduksi atau bergabung dengan toraks (pada Hymenoptera)
- ◊ Spirakel terdapat pada ruas 1-8
- ◊ Segmen 8-9 sering menjadi bagian alat kelamin (*terminalia*)
- ◊ Segmen 11 sering menjadi *epiproct*. Sepasang embelan *cerci* menempel pada ruas 11
- ◊ Terdapat alat kelamin betina untuk meletakkan telur *ovipositor*

Abdomen



Entomologi Umum (HPT-221)

HPT Faperta Univ. Andalas

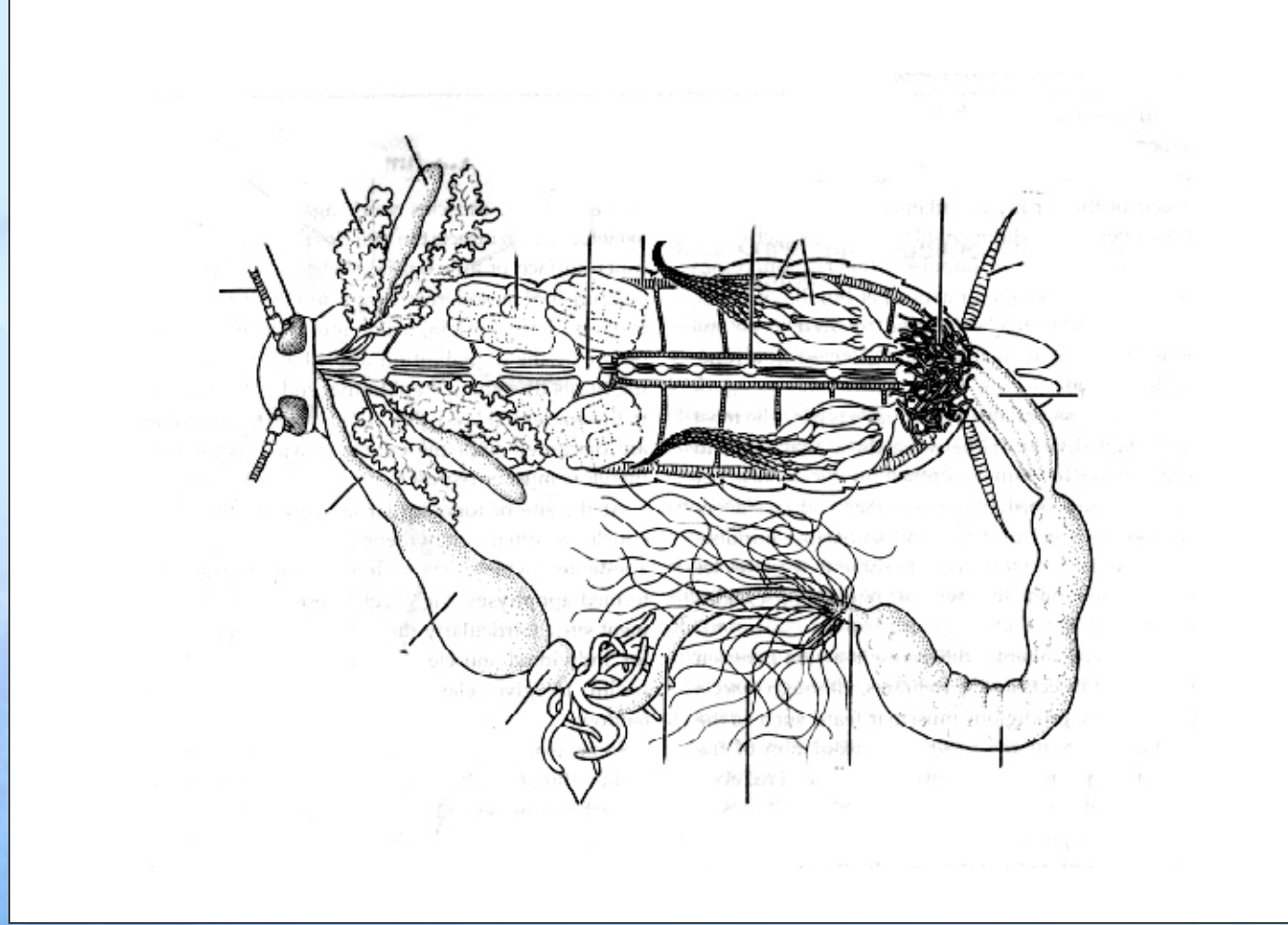


Anatomi Dalam dan Morfologi

Bahan Bacaan:

- ◊ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal.
- ◊ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal.
- ◊ An Introduction to the Study of Insects, 6th ed. Hal. 24-89

Organ Dalam pada Kecoa



SISTEM SYARAF

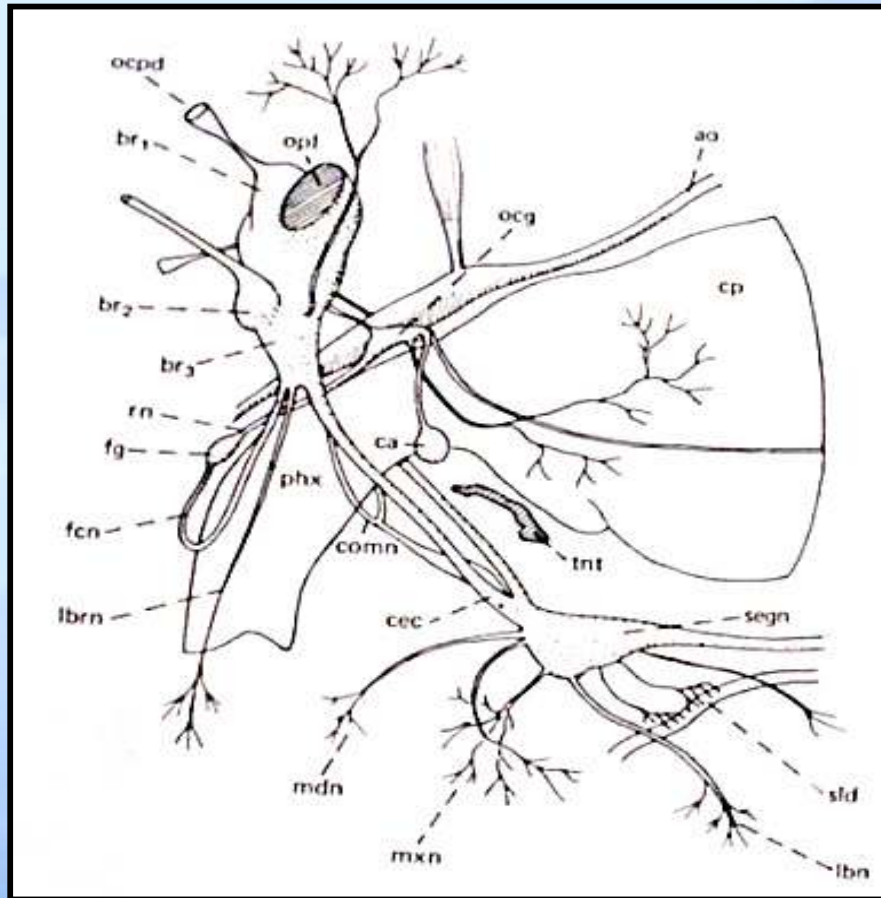
- ◊ Seperti pada binatang lain, komponen utama syaraf serangga adalah *neuron* yang terdiri dari *dendrid* yang menerima rangsang dan *axon* yang meneruskan informasi
- ◊ Ada 4 macam neuron:
 - ◊ *sensory neurones*, menerima rangsang dari lingkungan dan meneruskannya ke pusat syaraf
 - ◊ *interneurones*, menerima dan meneruskan informasi dari dan ke neuron lain
 - ◊ *motor neurones*, menerima informasi dari neuron dan meneruskannya ke otot
 - ◊ *neuroendocrine cells*

Sistem Syaraf Sentral (*Central Nervous System*)

- ◊ Terletak di bagian ventral-tengah
- ◊ Ganglion dihubungkan oleh sepasang *longitudinal connective*

Kepala:

- Supraesophageal ganglion* (otak)
 - *protocerebrum* (mata, ocelli)
 - *deutocerebrum* (antena)
 - *tritocerebrum* (labrum)
- Subesophageal ganglion* (mandibel, maksila, labium)
- Ganglia tersebut dihubungkan oleh *circumeshophageal connective*



Gambar sistem syaraf sentral

Toraks

Umumnya terdiri dari 3 ganglion

Abdomen

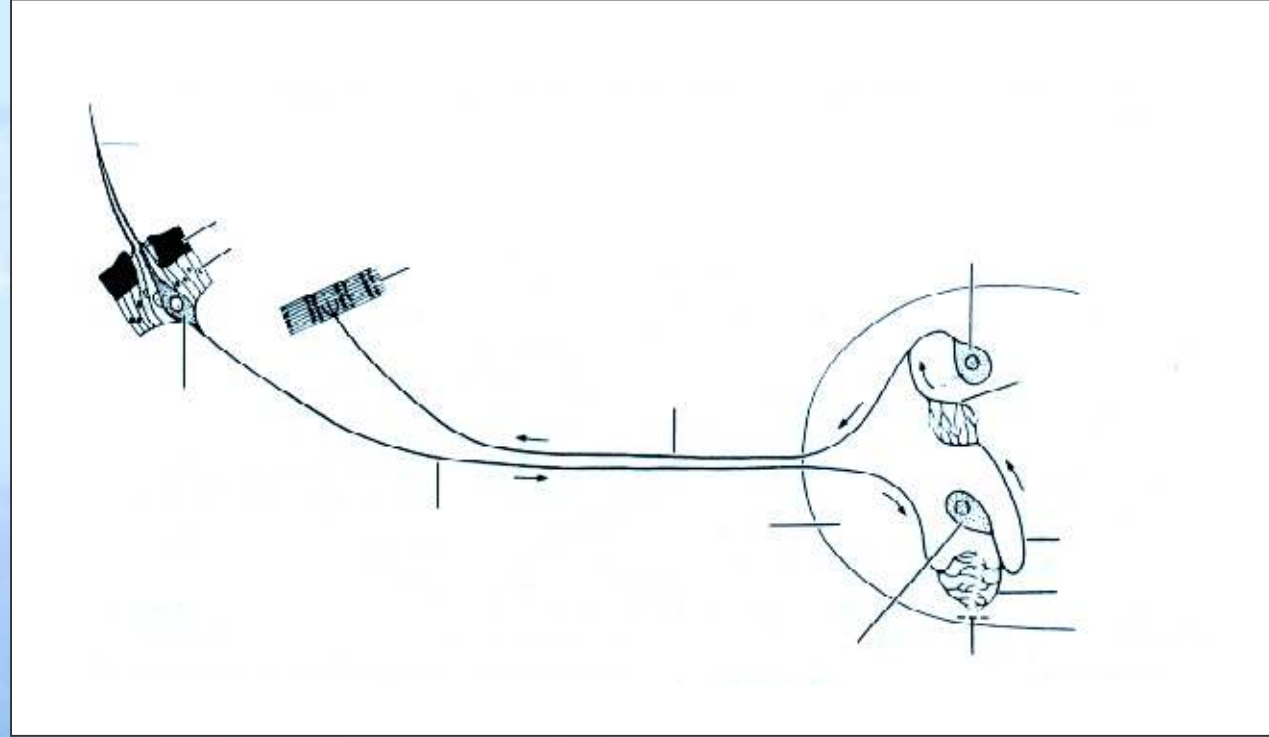
Sampai 8 ganglion

- ◊ Pada serangga yang lebih maju terdapat *cephalization*, penggabungan ganglion ke arah anterior

Sistem Syaraf Pencernaan

Di stomodeum dan mesenteron

Jaringan Syaraf



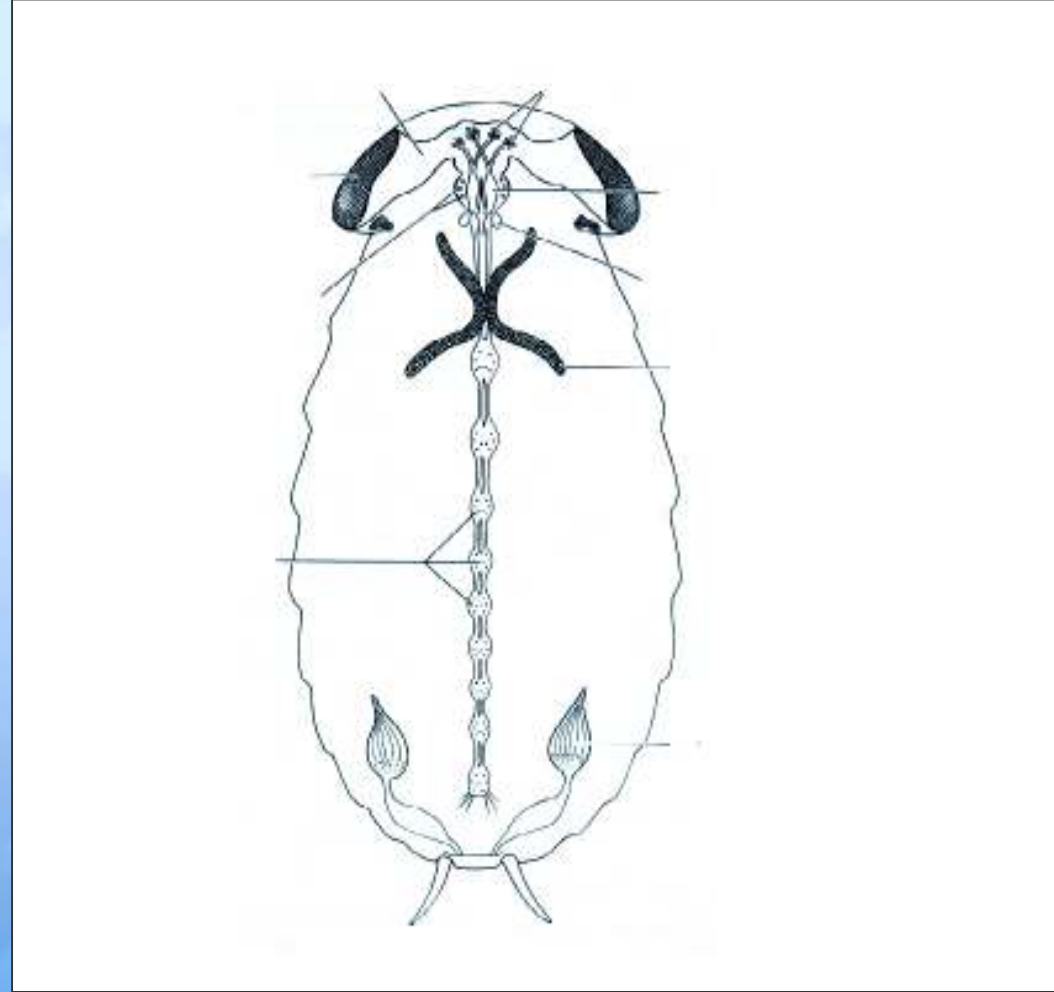
RONGGA TUBUH OTOT SERANGGA

- ◊ Rongga tubuh serangga disebut hemosil (*haemocoel*) yang terisi oleh cairan hemolimf (*haemolymph*)
- ◊ Fungsi hemolimf: transportasi nutrisi, menghilangkan sisa-sisa metabolisme dan berfungsi dalam sistem kekebalan
- ◊ Tidak seperti pada vertebrata, hemolimf tidak mentransportasi oksigen atau CO₂
- ◊ Pertukaran gas di serangga dilakukan melalui sistem trakea (tracheal system)
- ◊ Serangga memiliki otot serabut dan tidak memiliki otot halus
- ◊ Gabungan serabut oto disebut *sarcolema*
- ◊ Penempeln otot pada dinding tubuh dapat dilihat pada gambar

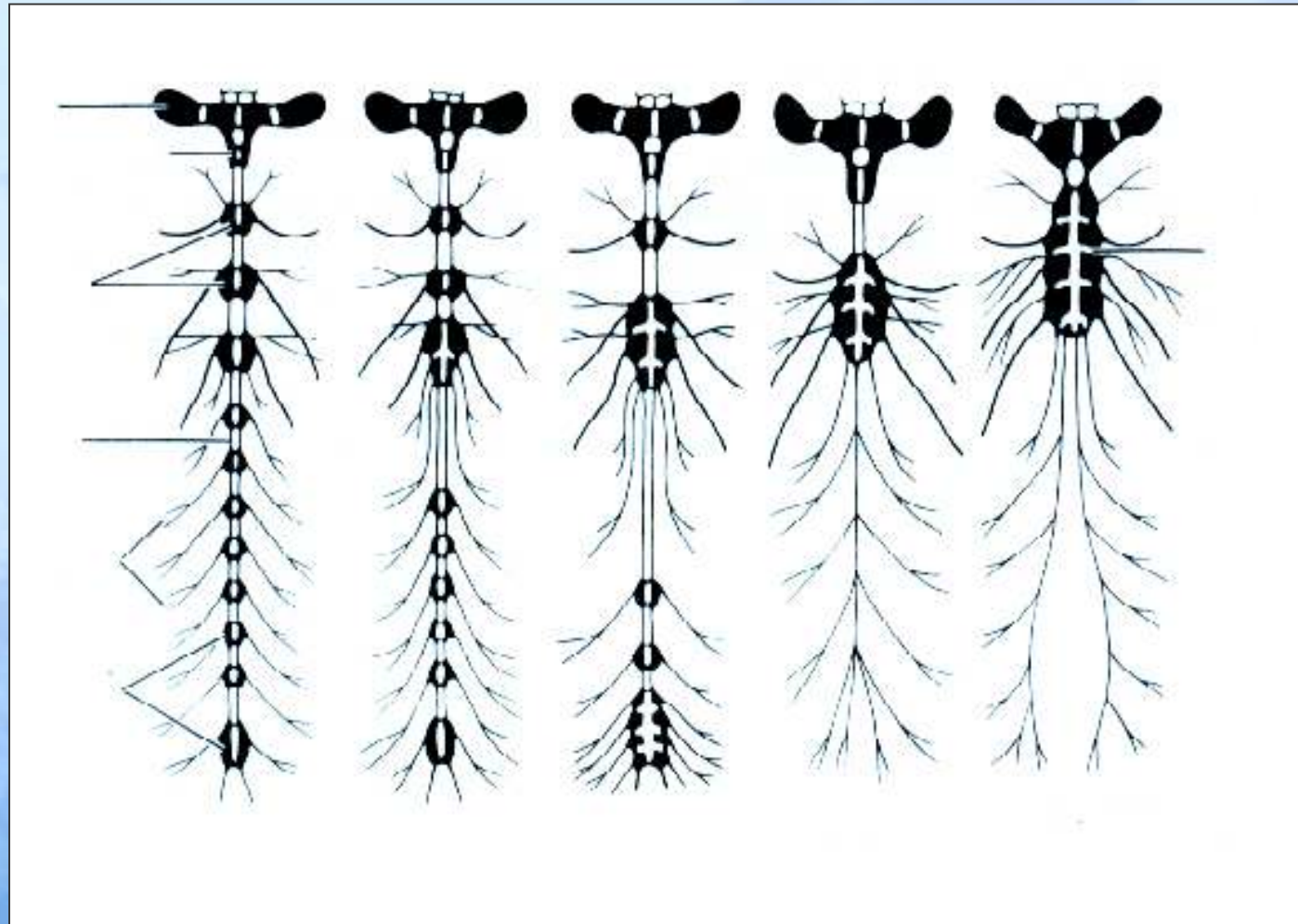
Syaraf

Entomologi Umum (HPT-221)

HPT Faperta Univ. Andalas



Evolusi Syaraf



Entomologi Umum (HPT-221)

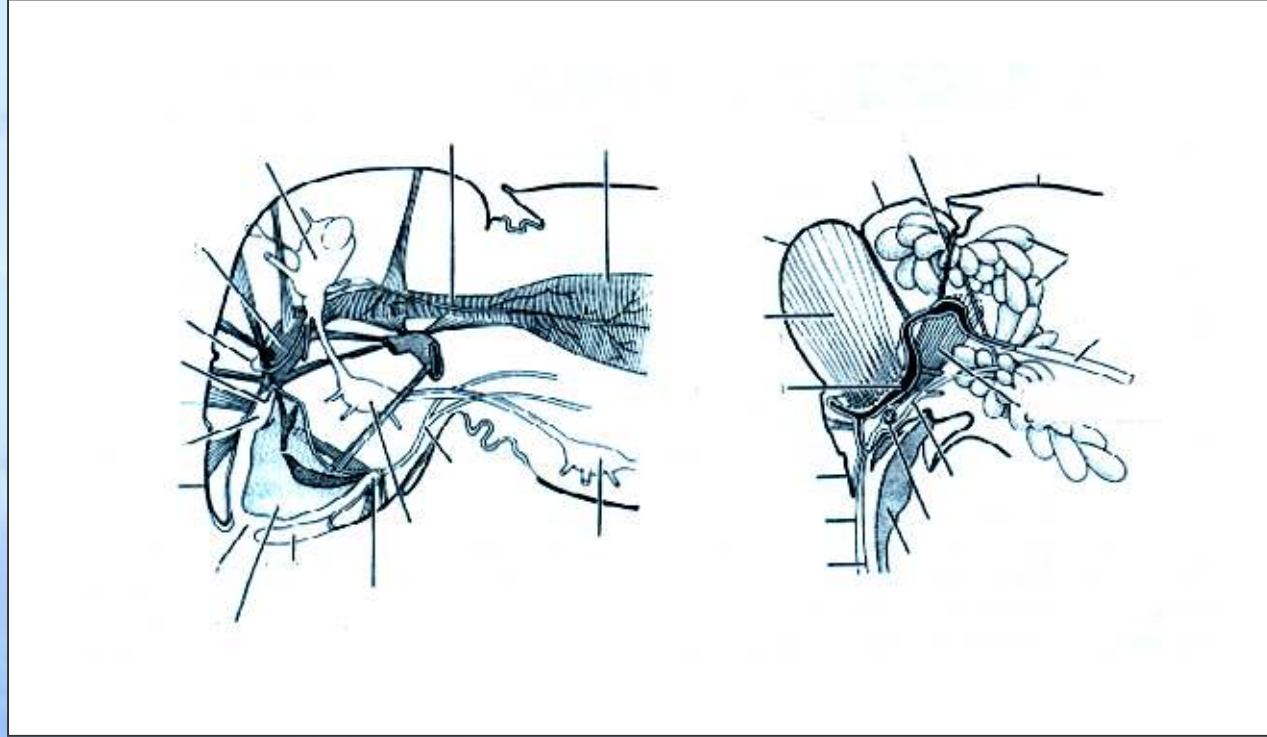
HPT Faperta Univ. Andalas

- ◊ Tubuh sel interneuron dan motor neuron bergabung membentuk bagian yang disebut *ganglia*
- ◊ Sistem syaraf pusat (*central nervous system-CNS*) berhubungan dengan ganglia oleh sepasang syaraf longitudinal *connectives*
- ◊ Di kepala terdapat dua ganglia: otak dan ganglion subesofagus (*subesophageal ganglion*)
- ◊ Otak merupakan gabungan dari tiga ganglion:
 - ◊ *protocerebrum*, berhubungan dengan mata
 - ◊ *deutocerebrum*, berhubungan dengan antena
 - ◊ *tritocerebrum*, berhubungan dengan signal dari tubuh

SISTEM ENDOKRIN DAN FUNGSI HORMON

- ◊ Hormon adalah bahan kimia yang dihasilkan oleh suatu bagian tubuh dan disebarkan umumnya pada cairan tubuh, jauh dari tempat produksinya, untuk mempengaruhi proses fisiologi, meskipun keberadaannya dalam jumlah yang sangat kecil
- ◊ Contoh hormone yang mempengaruhi proses ganti kulit dan metamorfosis
- ◊ Percobaan dengan mengikat bagian antara kepala dan tubuh serangga (ligation) menyebabkan serangga tidak berganti kulit

Endokrin



- ◊ Kebanyakan hormon dihasilkan oleh kelenjar tertentu
- ◊ Sel neurosekretori (*neurosecretory cells-NSC*) menghasilkan banyak hormon penting
- ◊ *Corpora cardiaca* (CA) menghasilkan *protoracicotropic hormone* (PTTH) yang merangsang aktivitas kelenjar protoraks
- ◊ *Protoracic glands* menghasilkan *ecdysteroid*, biasanya *ecdysone* (hormon ganti kulit)
- ◊ *Corpora allata* menghasilkan *juvenile hormones (JH)*

- ◊ *Ecdysteroid*, istilah umum untuk hormon yang berkaitan dengan proses ganti kulit
 - ◊ Ecdysone
- ◊ *Juvenile Hormones* (JH-I, JH-II, JH-III), berfungsi dalam metamorfosis dan pengaturan dalam reproduksi
- ◊ *Neurohormones*, merupakan jenis hormon serangga yang banyak jenisnya dan berhubungan dengan perkembangan, metabolisme, dan reproduksi
- ◊ Hormon mencapai target melalui transportasi hemolimf. Beberapa hormon ditransportasikan melalui protein, seperti JH-binding protein

SISTEM PEREDARAN DARAH

Sistem Peredaran

- ◊ Peredaran hemolimf dalam tubuh serangga dibantu oleh kontraksi otot, khususnya pada tabung dorsal (*dorsal vessel*)
- ◊ Hemolimf tidak langsung bersentuhan dengan sel karena organ dalam dan epidermis dilapisi oleh selaput dasar (*basement membrane*)

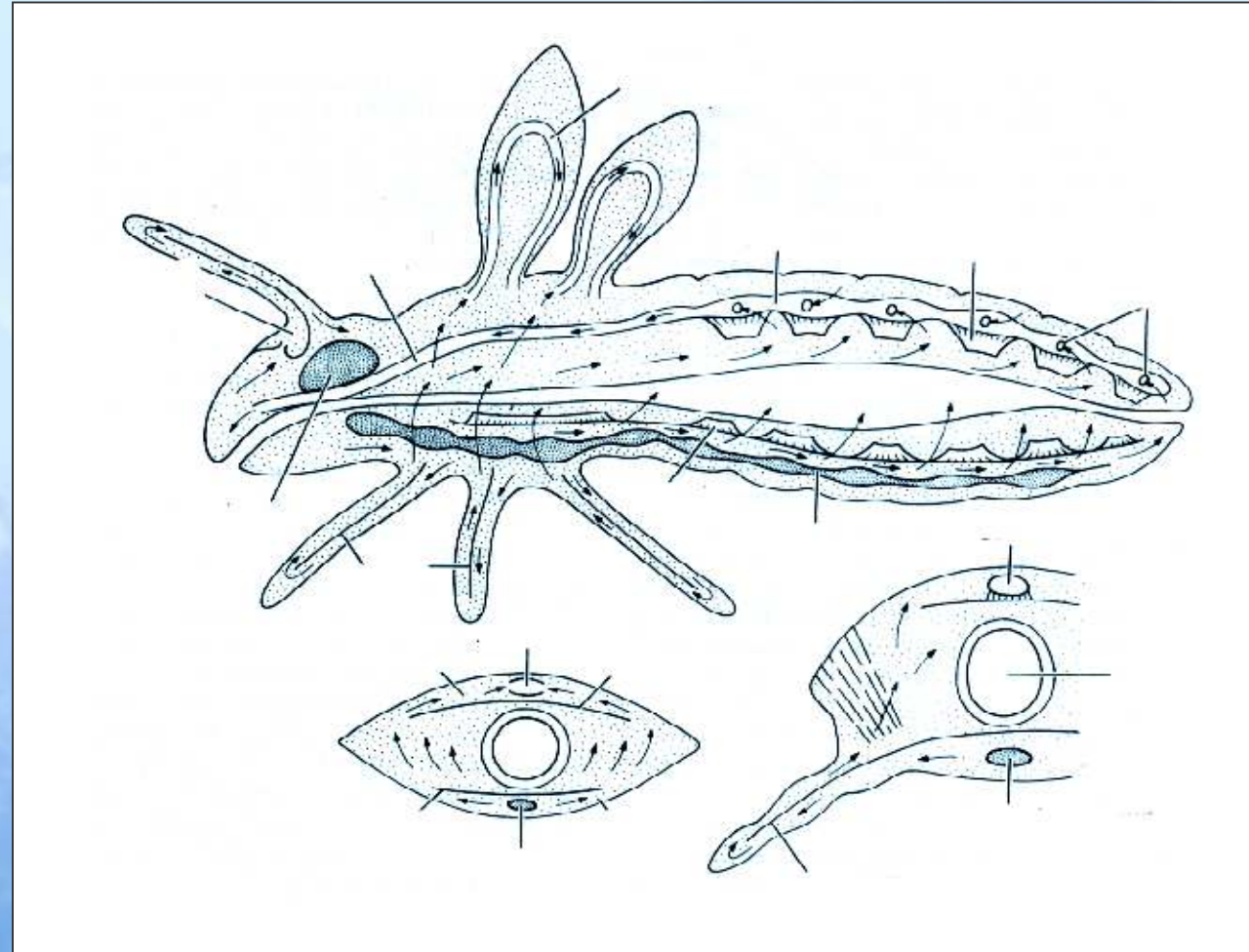
- ◊ Rongga tubuh serangga disebut hemosil (*haemocoele*) berisi organ dalam seperti alat pencernaan, alat reproduksi, alat pernafasan, tabung malpigi, otot, dan dipenuhi dengan darah (hemolimf).
- ◊ Organ untuk peredaran darah berbentuk tabung kecil pada tengah abdomen memanjang sampai toraks.

- ◊ Pada sampingnya terdapat sepasang katup ostia. Aorta terbuka ke hemosil di bawah otak. Jantung terletak di abdomen dan di dukung oleh otot seperti sayap, di atas diafragma dorsal
- ◊ Darah di pompa oleh organ *pulsatil* ke bagian seperti antena, tungkai, dan sayap.
- ◊ Darah dipompa masuk ke jantung lewat ostia dan kedepan keluar melalui aorta ke hemosil di kepala. Aliran darah selanjutnya ke belakang karena gerakan sistolik dari jantung.

Sirkulasi

- ◊ Pompa utama dalam sistem sirkulasi hemolimf adalah tabung dorsal
- ◊ Tabung dorsal bagian depan disebut **aorta** sedangkan bagian belakang disebut jantung (**heart**)
- ◊ Pada tabung dorsal terdapat lubang pada setiap ruas, disebut **ostia**
- ◊ Ostia samping merupakan tempat masuknya hemolimf ke tabung dorsal (satu arah)
- ◊ Pada toraks terdapat 3 pasang ostia dan pada abdomen 9 pasang
- ◊ Tabung dorsal terdapat di atas diafragma dorsal (*dorsal diaphragm*)

Pedaran Darah



Struktur Hemolimf

- ◊ Volume hemolimf merupakan 20-40% pada larva dan kurang dari 20% pada nimfa dan serangga dewasa
- ◊ Hemolimf merupakan cairan yang mengandung ion, molekul dan sel. Biasanya tak berwarna atau berpigmen kuning, hijau, atau biru. Juga merupakan reservoir air dalam bentuk plasma
- ◊ Sel darah atau *haemocytes* (termasuk *plasmotocytes*, *granulocytes*, dan *prohaemocytes*) mempunyai fungsi: fagosit, enkapsulasi, koagulasi, penyimpanan dan transportasi nutrisi
- ◊ Famili Chironimidae menghasilkan haemoglobin

- ◊ Darah atau hemolimf mengandung banyak bahan kimia seperti: sodium, potasium, kalsium, magnesium, klorida, fosfat, dan bikarbonat. Trhalose adalah gula utama pada darah. Selain itu kandungan asam amino sangat tinggi.
- ◊ Beberapa sel darah dapat di temui dalam hemolimf. Bentuk sel dapat bulat kecil (prohaeosit), sel agak besar dan bentuknya tak teratur (plasmatosit) dan lain-lain yang dicirikan dengan sitoplasma yang granuler (granulosit).

- ◊ Dalam hemosil terdapat sel neprosit yang merupakan komplemen hemosit dan lemak tubuh (*fat body*) yang berfungsi dalam mengatur komposisi hemolimf.
- ◊ Oenosit merupakan sel yang sering ditemukan di hemosil pada ordo Lepidoptera, Orthoptera. Sel oenosit berukuran relatif besar, diameter lk. 100 μm dan jumlahnya relatif sedikit. Fungsinya belum jelas diketahui, mungkin membantu dalam proses sintesa lipoprotein pada epikutikula, lilin, dan ekdisteroid.

Fungsi Darah

- ◊ Fungsi hemolimf adalah sebagai medium untuk transportasi, sebagai reservoir penyimpanan, dan memberikan imunitas terhadap penyakit, dan dalam beberapa hal sebagai elemen kerangka dan pengatur suhu tubuh.
- ◊ Banyak bahan yang ditransportasikan lewat darah. Nutrisi diserap dari pencernaan dibawa ke jaringan, khususnya lemak tubuh. Cadangan lemak dan karbohidrat ditransportasikan dari lemak tubuh ke jaringan yang aktif, dan sisa nitrogen dibuang ke tabung malpigi.
- ◊ Hormon disebar dari tempat produksinya ke organ sasaran.

- ◊ Darah serangga tidak mengedarkan oksigen, karena oksigen langsung diedarkan ke jaringan melalui sistem trakea.
- ◊ Dalam beberapa serangga dikenal beberapa protein terakumulasi di hemolimf pada saat metamorfosis yang digunakan sebagai sumber asam amino untuk sintesa protein lain. Pada serangga *Calliphora* terdapat protein calliporin sebanyak 75% dari total protein.

- ◊ Hemosit (*haemocytes*) mempunyai peranan penting dalam sistem imun pada serangga. Mikroorganisme dimakan (phagocytosed) oleh sel fasmatosit dan granulosit. Organisme seperti parasit dienkapsulasi dengan akumulasi fasmatosit disekitar benda asing tersebut.
- ◊ Selain respon terhadap benda asing, di dalam hemolimf terdapat juga profenoloksidase yang berfungsi sebagai antimikrobia.
- ◊ Darah juga berfungsi sebagai kerangka pada serangga lunak pada serangga holometabola yang mendukung pergerakan yang tergantung fungsi kerangka hidrostatis.
- ◊ Dalam proses ganti kulit, volume dan tekanan serangga sangat penting untuk terjadinya proses ganti kulit tersebut. Serangga yang gagal dalam meningkatkan volume darah sering gagal dalam proses ganti kulit.

Proteksi dan Pertahanan oleh Hemolimf

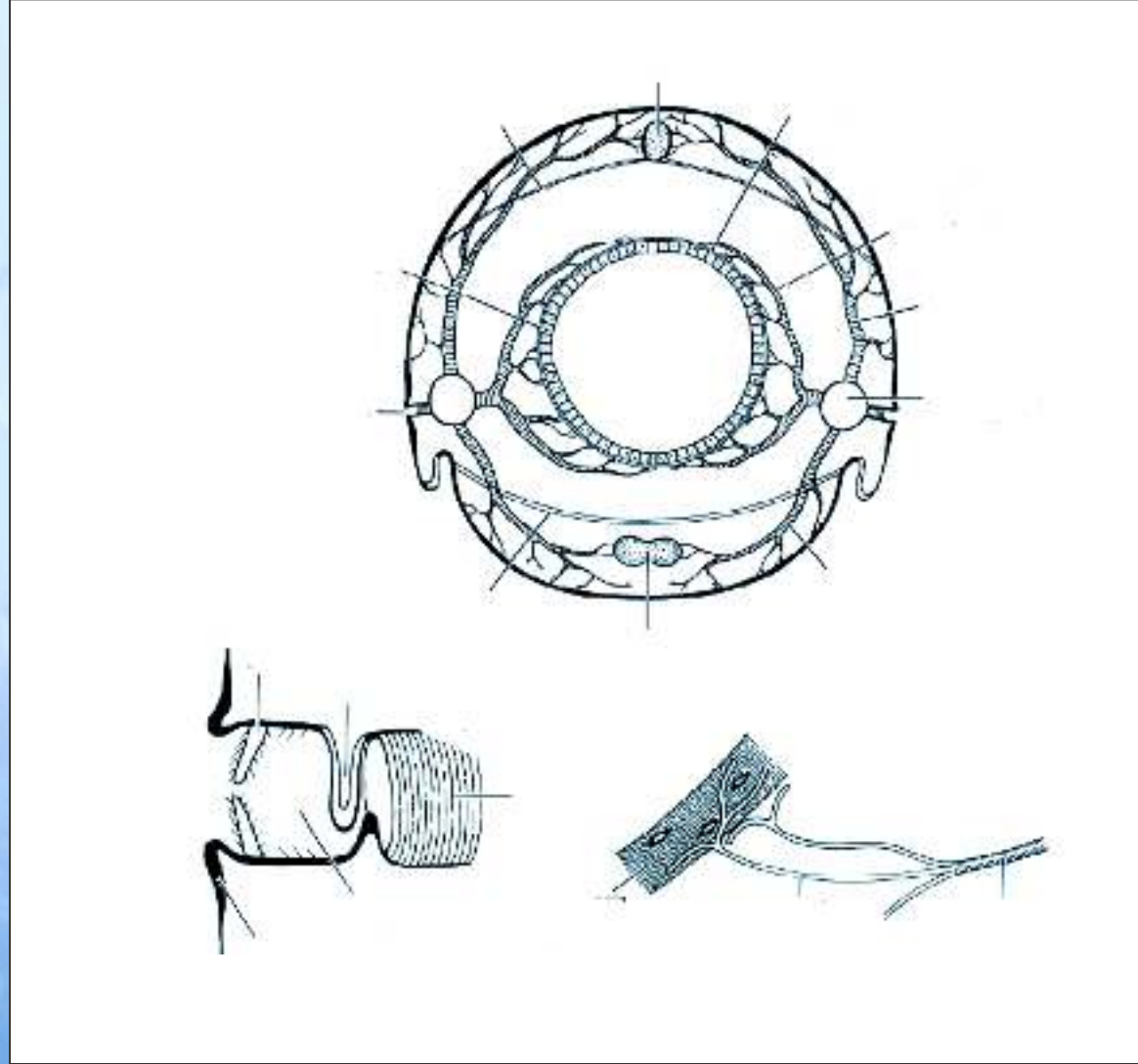
- ◊ Hemolimf memberikan berbagai perlindungan dan ketahanan dari:
 - ◊ luka fisik
 - ◊ parasit atau benda asing
 - ◊ ancaman predator
- ◊ Dalam hemolimf beberapa serangga mengandung *maolodorus* atau bahan kimia yang berbau tidak enak, yang tidak disukai oleh predator
- ◊ Pada luka fisik, hemolimf membeku untuk menghindari kehilangan hemolimf lebih banyak dan mencegah masuknya kuman
- ◊ Pada sistem imunisasi, hemolimf bertindak sebagai phagocyte atau juga encapsulasi

SISTEM TRAKEA DAN PERTUKARAN GAS

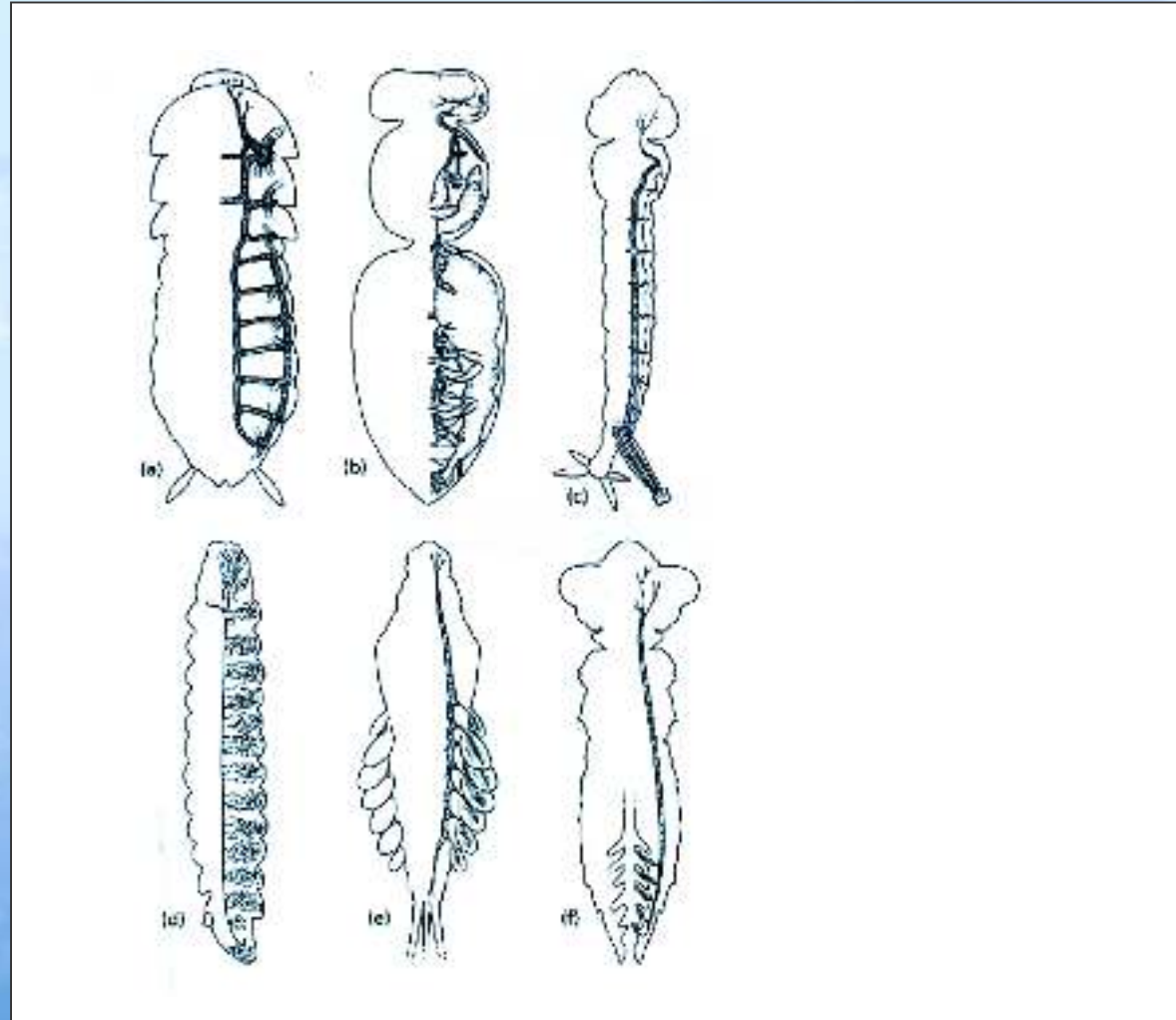
Sistem Trakea

- ◊ Dalam serangga, oksigen diedarkan langsung ke jaringan melalui sistem trakea.
- ◊ Trakea muncul dari pelekukan (invaginasi) epidermis, satu pasang per segmen. Pada ujung trakea terdapat trakeol yang merupakan tabung intraseluler yang sangat halus dengan diameter kurang dari 1 μm .

Sistem Trakea



Sistem Trakea pada Berbagai Jenis Serangga



- ◊ Pada serangga terbang, trakeol langsung berdifusi ke otot. Hal ini untuk mengurangi jarak transportasi oksigen yang tanpa melalui jaringan lain.
- ◊ Bagian trake yang terbuka disebut spirakel. Jumlah spirakel terbanyak adalah 10 pasang. Untuk serangga air biasanya hanya memiliki 1 pasang spirakel pada ujung anterior atau posterior.
- ◊ Pada banyak serangga, spirakel mempunyai mekanisme buka-tutup untuk mengurangi kehilangan air.

Anatomi Dalam dan Morfologi

- ◊ Sekuen buka-tutup spirakel juga memungkinkan pengaliran udara dari luar ke dalam tubuh melalui spirakel.
- ◊ Trakea dilapisi kutikel yang kuat dan berbentuk seperti koil. Pengerasan koil ini disebut taenidia yang berfungsi untuk menjaga agar trakea tidak kempes namun tetap fleksibel.
- ◊ Kutikula yang melapisi trakea diperbarui setiap ganti kulit. Setelah ganti kulit beberapa spirakel tereduksi atau tidak berfungsi.

Pertukaran Gas

◊ Difusi

- ◊ Gas oksigen masuk dan gas karbon dioksida keluar karena gradien konsentrasi. Laju difusi oksigen di udara adalah 10.000 kali lebih cepat dibandingkan pada jaringan.
- ◊ Serangga air menyelam untuk mendapatkan gelembung-gelembung udara yang menempel pada tubuh sebagai cadangan udara.
- ◊ Beberapa serangga air menyimpan gelembung udara secara permanen pada lapisan film tipis pada tubuh dengan hidrofus, merupakan struktur kutikular. Lapisan film tersebut disebut plastron.

◊ Ventilasi

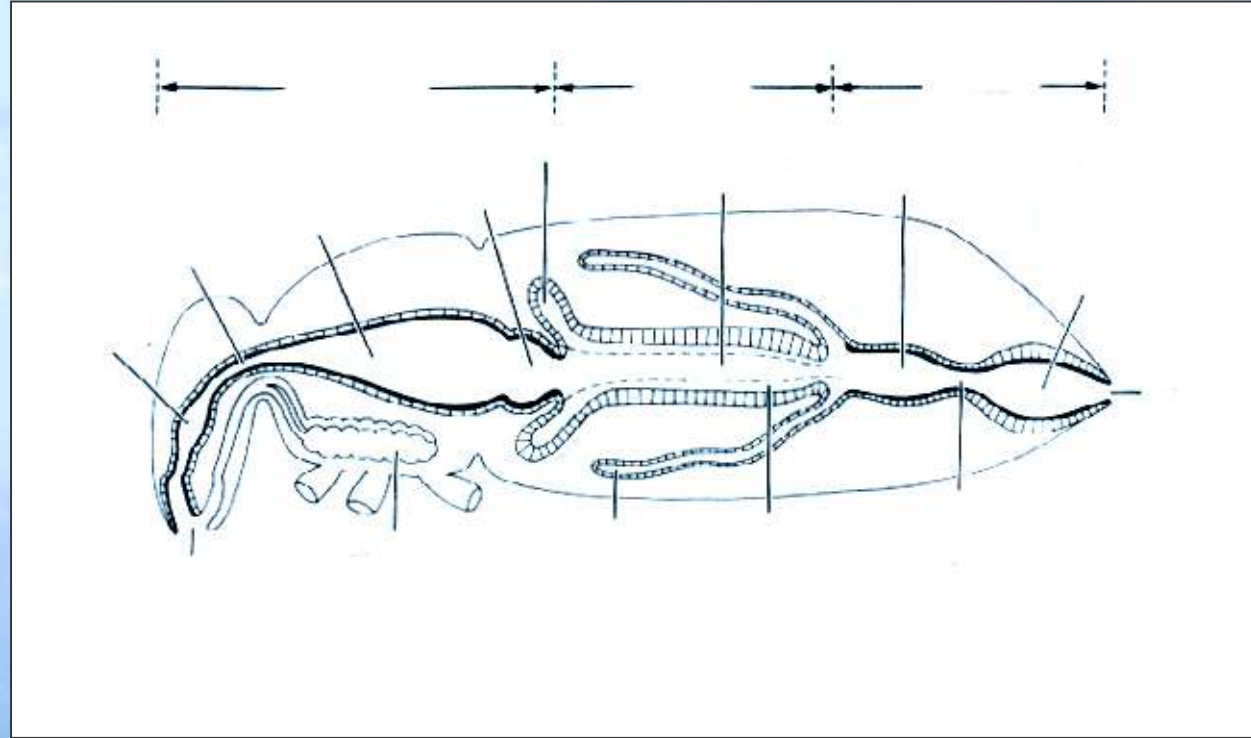
- ◊ Pada serangga yang besar yang sedang aktif, difusi tidak dapat mencukupi kebutuhan oksigen untuk pergerakan otot. Pada keadaan ini sistem ventilasi diperlukan.
- ◊ Ventilasi dilakukan dengan mekanisme kembang-kempis gelembung udara secara ritmik.

- ◊ Gerakan ventilasi biasanya berasosiasi dengan gerakan ritmik membuka dan menutupnya spirakel. Spirakel di depan membuka selama pengisapan udara sedangkan spirakel di belakang membuka selama pengeluaran. Mekanisme ini menghasilkan aliran udara dari depan ke belakang melalui sistem trakea.
- ◊ Ventilasi dapat memenuhi kebutuhan serangga 100 kali lipat pada untuk kebutuhan otot pada saat terbang.

SISTEM PENCERNAAN

- ◊ stomodeum (pencernaan bagian depan, foregut), ektodermal (dengan lapisan kutikula)
 - ◊ farink (*pharynx*)
 - ◊ bagian dalam otot longitudinal
 - ◊ bagian luar otot sirkular
 - ◊ esofagus
 - ◊ tembolok (*crop*)
 - ◊ proventikulus, dengan 'gigi' untuk pencernaan
 - ◊ katup stomodeum (=katup kardiak)

Alat Pencernaan



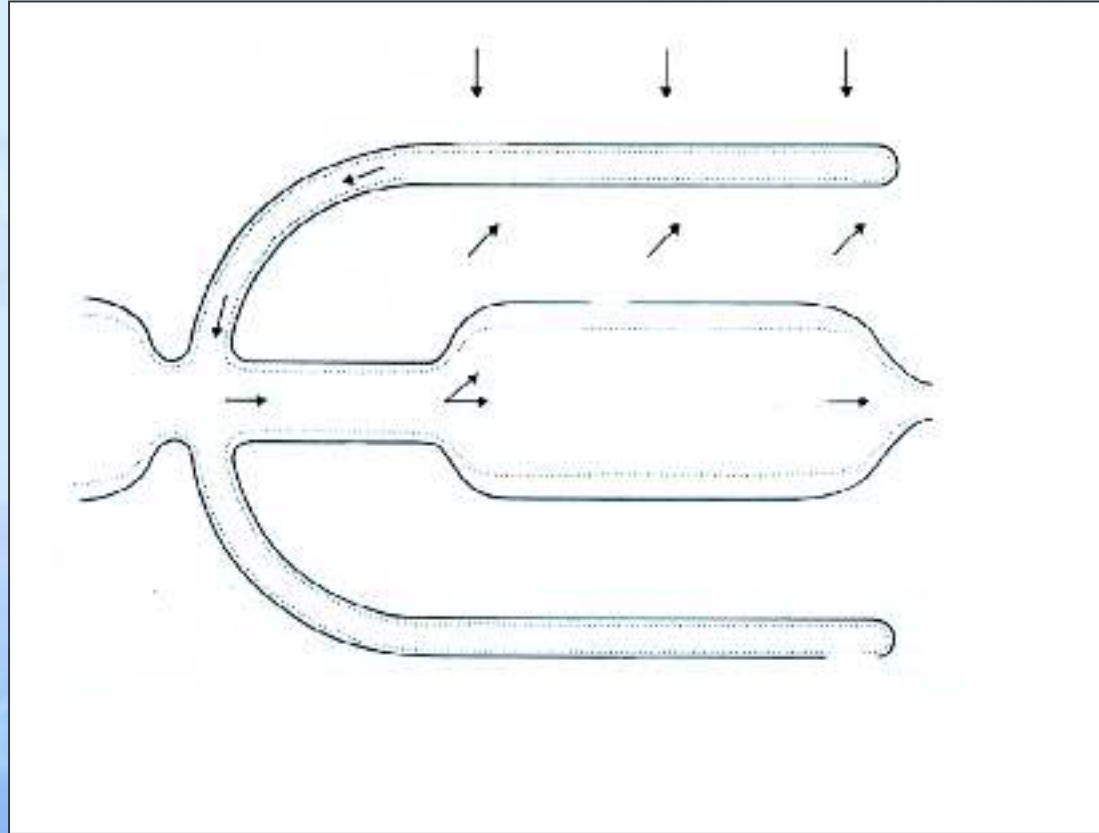
- ◊ mesenteron (=alat pencernaan bagian tengah, midgut, ventriculus), endodermal (tidak ganti kulit)
 - ◊ membran peritropik
 - ◊ perlindungan mesenteron
 - ◊ lubrikasi
 - ◊ struktur: khitin
 - ◊ gastrik seka (*gastric caecae*)
 - ◊ tempat simbion
 - ◊ tambahan permukaan untuk penyerapan makanan
 - ◊ sebagian besar penyerapan makanan terjadi di sini
 - ◊ lapisan otot berlawanan dengan stomodeum (sirkular di dalam)

- ◇ proktodeum (=alat pencernaan bagian belakang, hindgut, v), ektodermal
 - ◇ klep proktodeum (=klep pilorik)
 - ◇ intestin anterior, depan ileum belakang colon
 - ◇ intestin posterior (=rektum), terdapat area sklerotisasi sekunder untuk penyerapan bahan kritis (air, garam, ion dll.)
 - ◇ lapisan otot seperti stomodeum

SISTEM PEMBUANGAN

- ◊ Bahan buangan nitrogen: amonia (82%N), urea (46% N), asam urat (32-35%)-kebanyakan serangga mengeluarkan dalam bentuk ini
- ◊ Tabung malpigi merupakan organ untuk pembuangan bahan limbah dari hemolimf.
- ◊ Tabung malpigi (TM) bermuara pada sambungan antara saluran pencernaan bagian tengah dan bagian belakang. Tabung malpigi biasanya kecil dan panjang serta banyak memenuhi ruang hemosil. Ditemuai disemua serangga kecuali kolembola dan afid (aphids).

Sistem Pembuangan



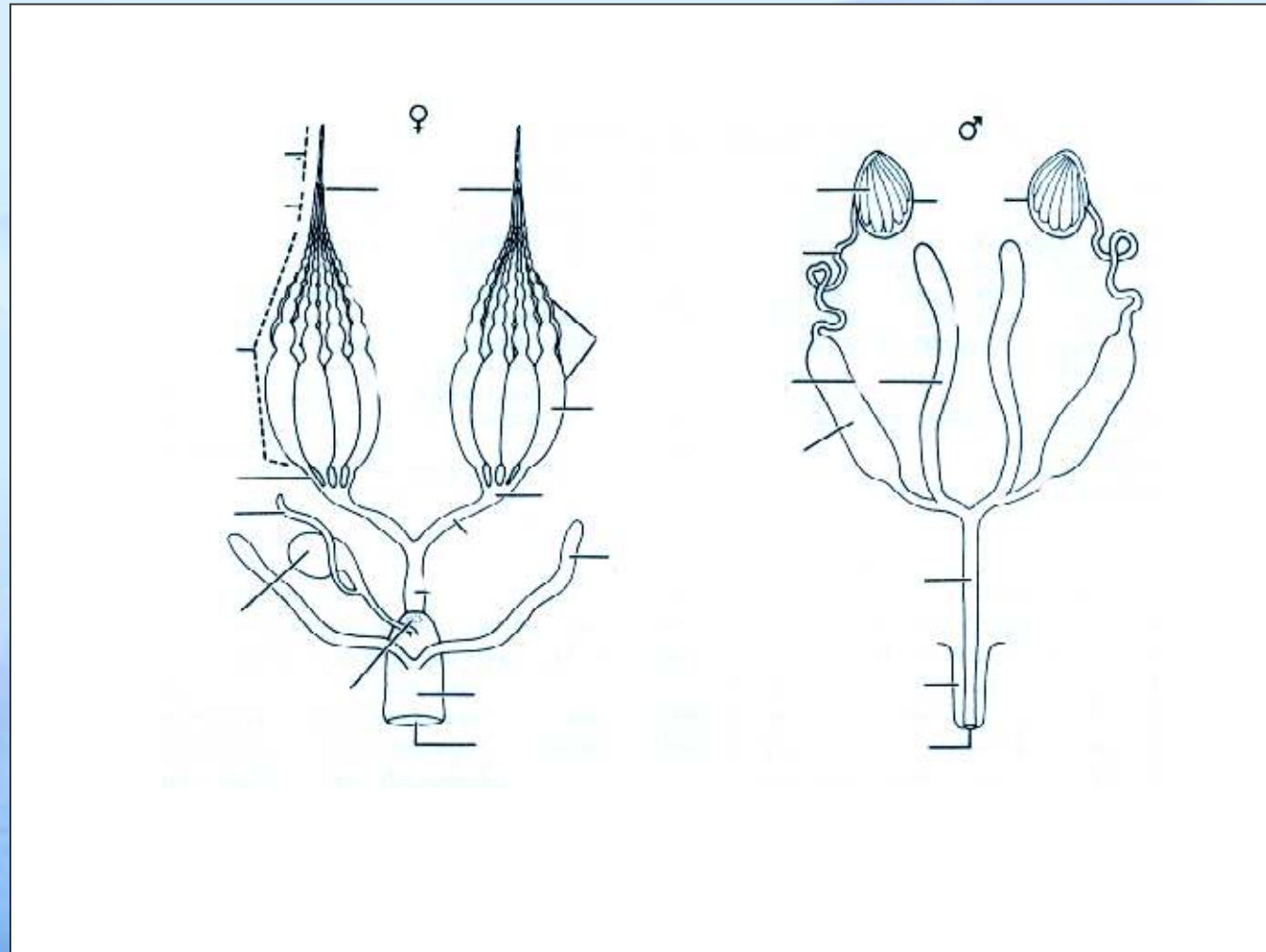
- ◊ Jumlah TM bervariasi, mulai dari 2 pada Koksida (Coccids) sampai 200 pada belalang.
- ◊ Dalam hemosil, TM tidak statis, tapi ada gerakan terus untuk menghindari penumpukan konsentrasi bahan tertentu dalam hemolimf.
- ◊ TM mempunyai fungsi homeostatik. Beberapa bahan buangan seperti limbah nitrogen dapat menembus TM lalu masuk ke bagian akhir alat pencernaan untuk diekulkasikan bersama kotoran.

- ◊ Pergerakan larutan dari hemolimf ke TM disebabkan pula oleh sistem pemompaan aktif potasium yang menyebabkan perbedaan gradien osmotik.
- ◊ Asam urin merupakan hasil akhir kotoran serangga. Dibandingkan dengan amonia atau urea, asam ini mempunyai N:H yang relatif tinggi.
- ◊ Serangga air sering membuang kotoran dalam bentuk amonia, karena tidak mempunyai masalah dengan air.

ORGAN REPRODUKSI

- ◇ Sistem berpasangan:
 - ◇ homologi bagian jantan dan betina (gambar)
- ◇ Kopulasidan dan fertilisasi:
 - ◇ spermatofor (sistem primitif)
 - ◇ eksternal (tanpa kopulasi), pada Diplura, Collembola, Protura
 - ◇ dengan kopulasi (penis-vagina)
 - ◇ tanpa spermatofor (selalu dengan kopulasi)

Organ Reproduksi Betina dan Jantan



Anatomi Dalam dan Morfologi

jantan

betina

tabung sperma (*testicular follicles*)

ovariol

testis ----- gonad ----- ovary

Spermatogonia ----- germarium-ujung ----- ogonia

Spermatocytes ----- gametocytes-mitosis ----- oocytes

Spermatids ----- pematangan-meiosis ----- ootids

Spermatozoa ----- transformasi-pangkal----- ova

Homologi bagian kelamin

jantan	betina
testicular follicles	ovarioles
vas efferens	pedicel
vas deferens	lateral oviduct
seminal vesicle	calyx
ejaculatory duct	common oviduct +vagina
accessory glands	accessory glands
-----	spermatheca
external genitalia.....	ovipositor

SISTEM PERASA, PRODUKSI SUARA DAN PERGERAKAN

Entomologi Umum
HPT Faperta Univ. Andalas

Bahan Bacaan:

- ◊ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal.
- ◊ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal.



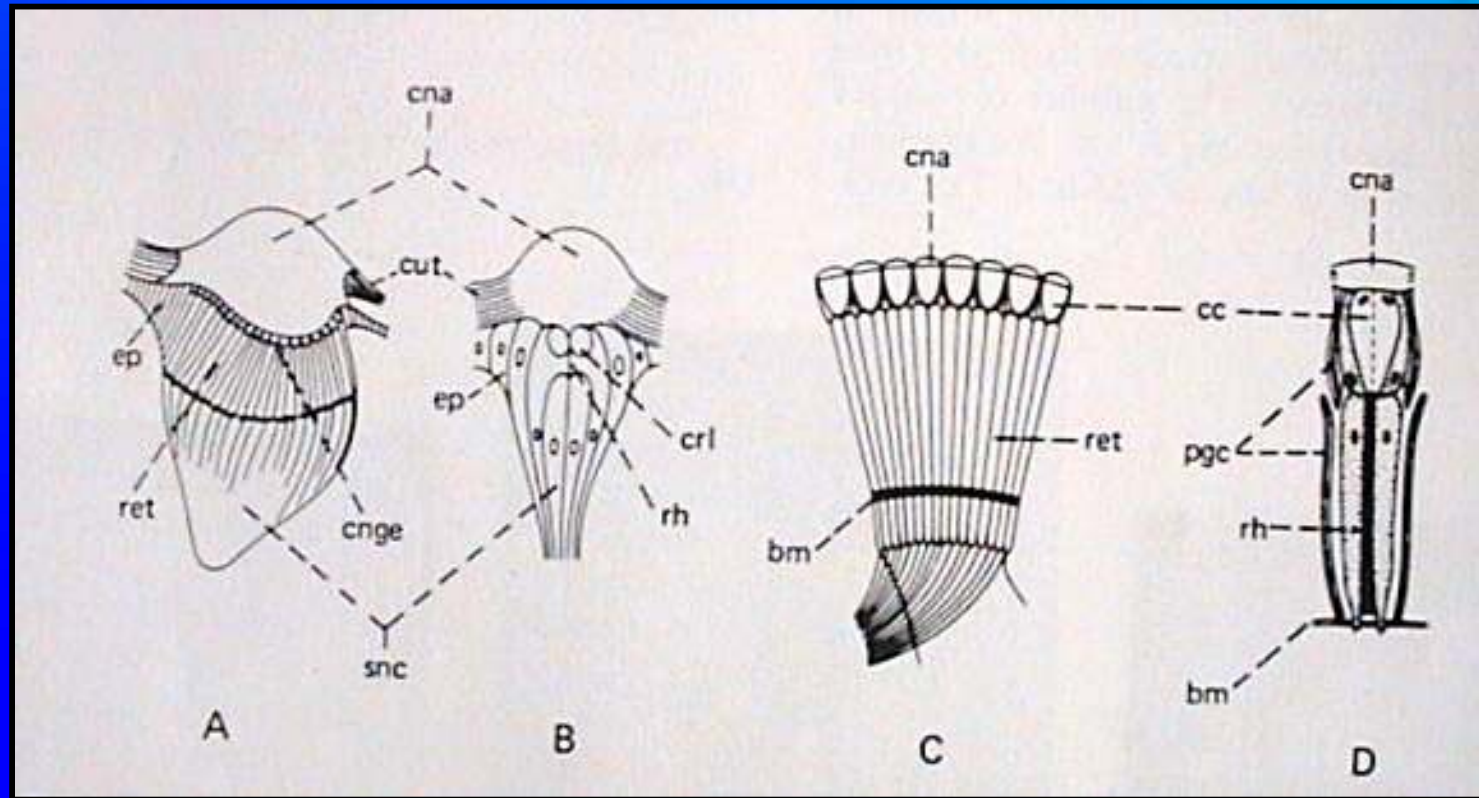
Mata Majemuk (*Compound eyes*)

- ◇ Berhubungan dengan protocerebrum
- ◇ Merupakan kumpulan unit-unit fungsional, yaitu *ommatidium* (faset) yang menghasilkan gambaran mosaik

Terdiri dari:

- *cornea*
- *crystalline cone*
- *primary pigment cells*
- *secondary pigment cells*
- syaraf





Gambar struktur mata majemuk





Jenis Mata

- ◇ *Apposition images* (ommatidium menerima cahaya dari lensanya sendiri, karena pigmen sel).
 - Adaptasi untuk kondisi terang
 - Resolusi tinggi
- ◇ *Superposition images*
 - Rhabdom pendek
 - Adaptasi cahaya: pigmen skunder pindah ke lokasi 'bening'
 - Adaptasi gelap: pigmen sekunder pindah dan mendekati lensa-menjauhi lokasi 'bening'.





Ocelli

- Berhubungan dengan protocerebrum
- Mata tunggal yang terbentuk dari kutikula
Tidak membentuk bayangan, hanya informasi intensitas cahaya

Stemmata (mata pada larva)

- Berhubungan dengan protocerebrum
- Mata tunggal (sebagaimana ocelli)
- Membentuk bayangan kasar (mosaik)





Mechanoreceptors

- Respon terhadap gangguan sekeliling
- Mendeteksi posisi relatif bagian tubuh (=propioceptors)
- Jenis:
 - *Trichoid sensilla*
 - seperti seta (rambut)
 - Syaraf mendeteksi gerak seta
 - *Campaniform sensilla*
 - Berbentuk seperti dome
 - Mendeteksi pergerakan dome





- *Cordotonal organs* (internal)
 - *Subgenual organ* (di tibia)
Mendeteksi vibrasi
 - *Tympanal organ*
Mendeteksi vibrasi
 - *Johnston's organ* (di pedicel)
Mendeteksi pergerakan flagellum antena
- *Stretch receptors* (internal)
 - Merasakan tekanan pada otot jaringan
 - Pada pencernaan, ovary dll.





Chemoreceptors

- Rasa (=gustatory) dan bau (smell) (=olfactory)
- Dari seta
- Jenis:
 - *Trichoid sensila*
Perasa pada mulut, tarsi
 - *Basiconic sensilla*
Untuk bau (di antena, mulut, ovipositor)
 - *Coeloconic sensilla*
Di antena dan alat mulut
 - *Plate organs*
Bulat, tipis, berpori
Di antena (pada Aphids, lebah dll.)



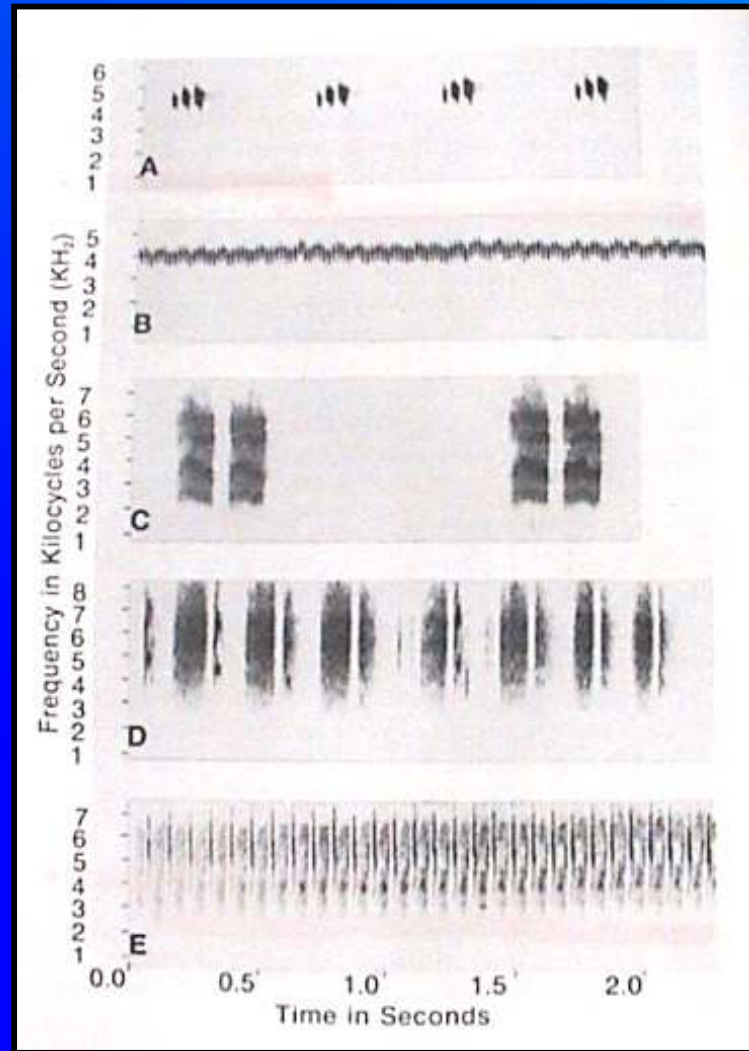
PRODUKSI SUARA

- Suara merupakan alat komunikasi penting pada serangga
- Serangga menghasilkan suara terdengar dan tidak terdengar oleh manusia (di luar frekuensi pendengaran manusia)
- Produksi suara:
 - **Stridulasi**
 - Suara dihasilkan dari gesekan suatu bagian tubuh dengan bagian tubuh lain
 - Jangkerik jantan menggesekkan sayapnya
 - Belalang menggesakkan sayap dengan tungkai



- Vibrasi oleh membran khusus yang disebut tymbal
 - Contoh: tonggeret
- Menggesekkan bagian tubuh dengan suatu substrat
- Mengeluarkan udara atau cairan dari tubuh
- Vibrasi sayap atau bagian tubuh lain
- Gerakan aktivitas: gerak, makan dll.





Spektograf suara
beberapa suara serangga

OTOT DAN PERGERAKAN

- Serangga tidak memiliki otot halus
- Jalan:
 - Penting dalam evolusi Heksapoda
 - Tripod, atau tiga kaki adalah jumlah kaki
 - minimum untuk membuat sesuatu berdiri dengan stabil
 - Serangga bergerak dengan bergerak bergantian (shifting) sepasang tripod
- Terbang
 - Sayap yang sedang istirahat pada *pleural wing process* (*fulcrum*)



- Pergerakan sayap: naik/turun
 - notum ditarik ke atas ... sayap turun
Oleh oto longitudinal
 - notum ditekan ke bawah ... sayap ke atas
Otot dorsoventral
- Gerakan sayap: miring (*tilting*)
 - *pronation*
Otot basalar kontraksi menekan pangkal sayap bagian depan
 - *supination*
Otot subalar kontraksi untuk menekan pangkal sayap bagian belakang



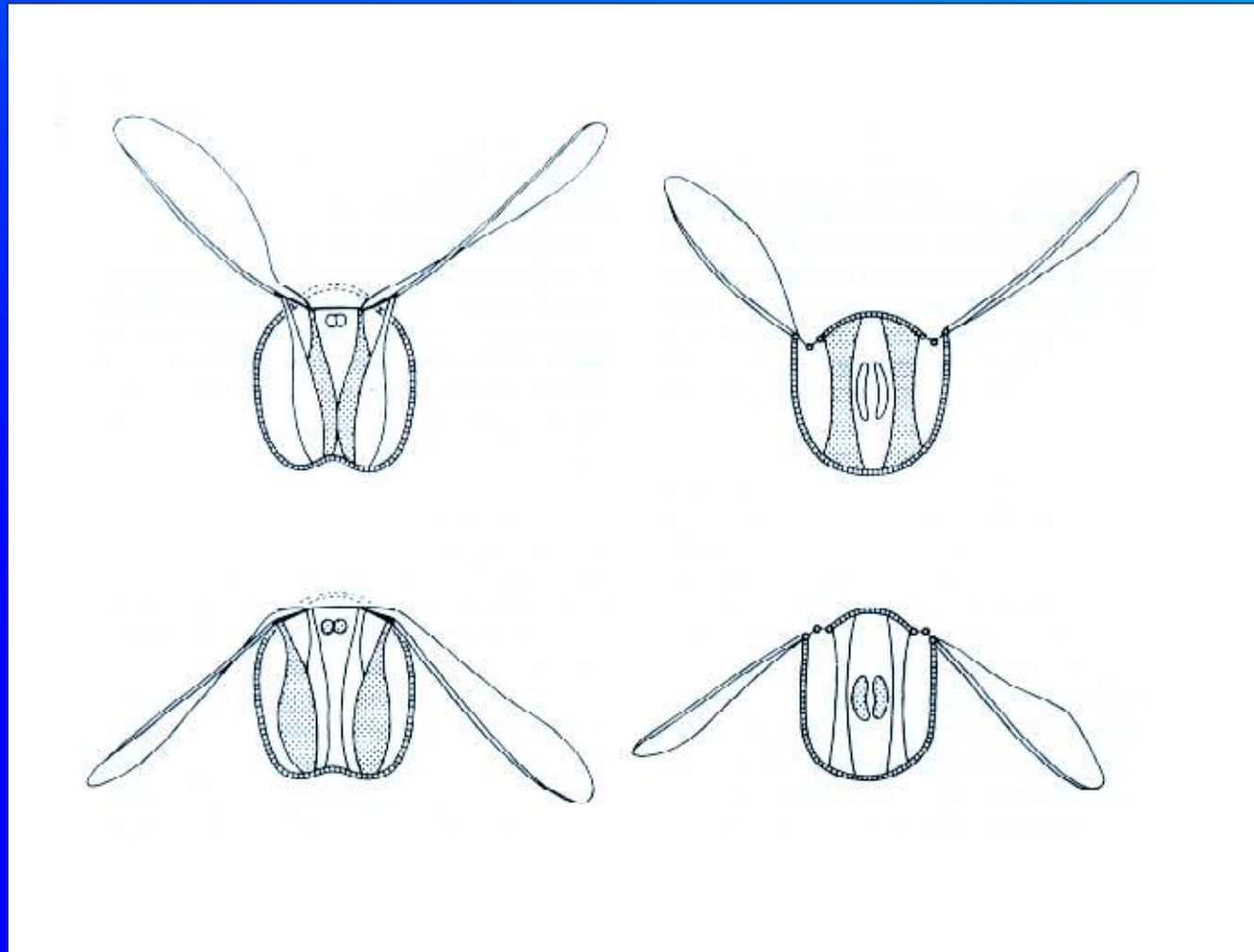


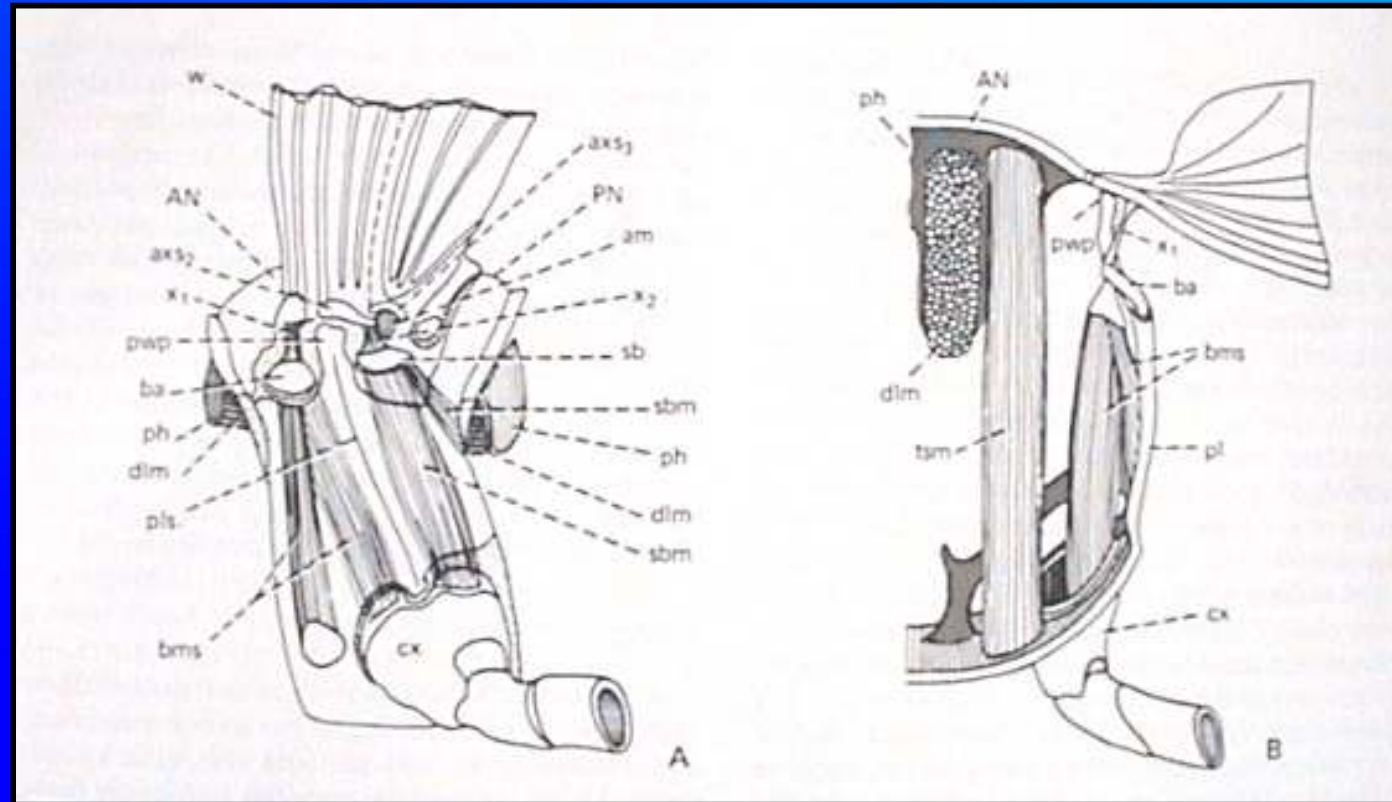
- Otot terbang tidak langsung (*indirect*) membentuk 'kotak' toraks
- Otot terbang langsung (*direct flight muscles*) membentuk pangkal sayap (*axillary sclerites* dll.)





Pergerakan (terbang)

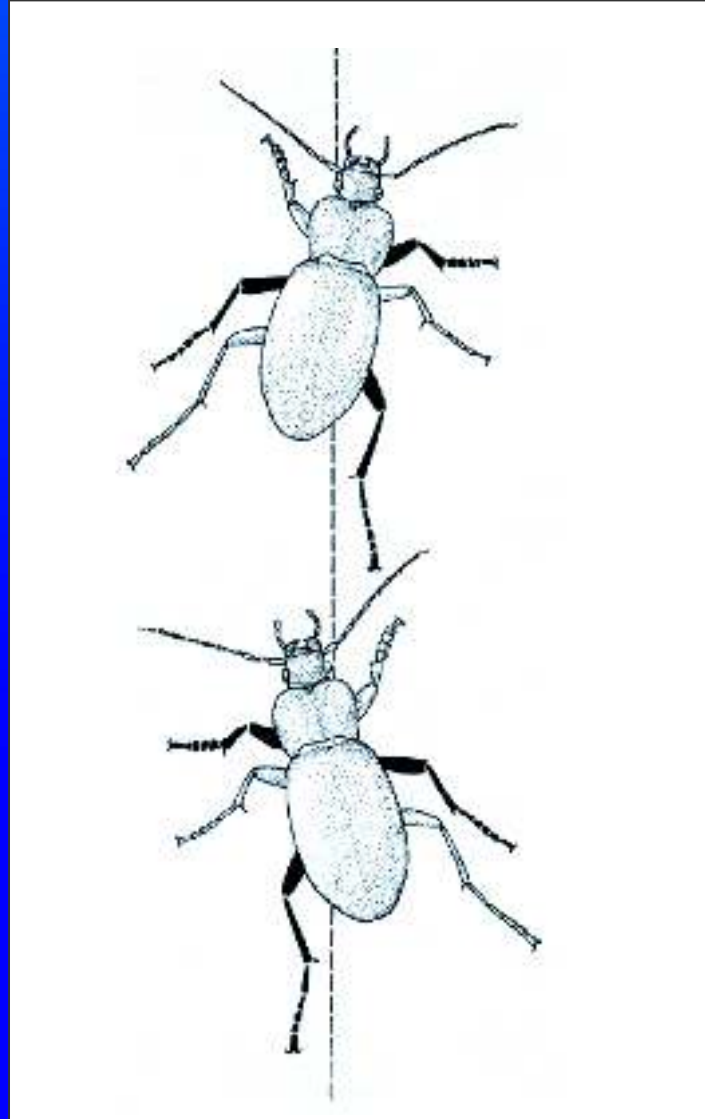




Potongan melintang sayap



Pergerakan (jalan)



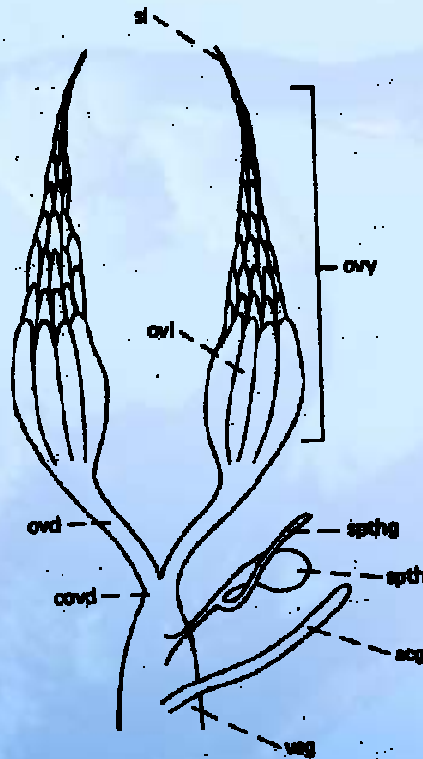
REPRODUKSI, PERKEMBANGAN, DAN METAMORFOSIS

Entomologi Umum
HPT Faperta Univ. Andalas

Bahan Bacaan:

- ◊ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal.
- ◊ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal.

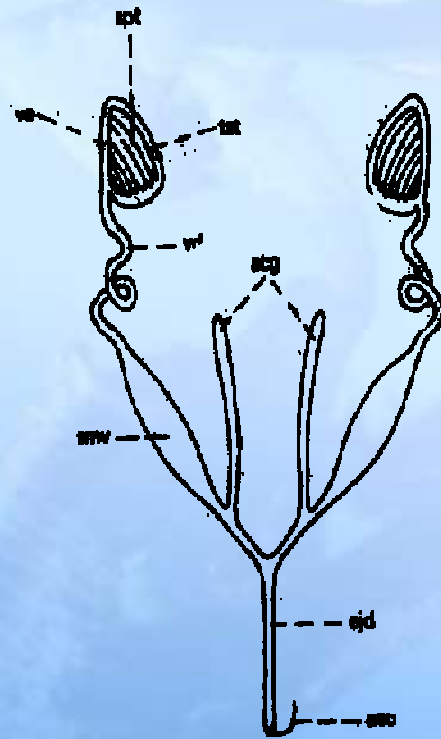
Alat reproduksi dalam



Betina

- ♦ Terdiri dari sepasang ovarium
- Setiap ovarium terdiri dari beberapa ovariole
- Jumlah ovariole 1-200/ovarium (umumnya 4-8)
- ♦ Saluran atau *duct*
- ♦ Kelenjar-kelenjar
- ♦ Produksi telur diatur oleh salah satunya
- hormon Juvenile

Alat reproduksi dalam



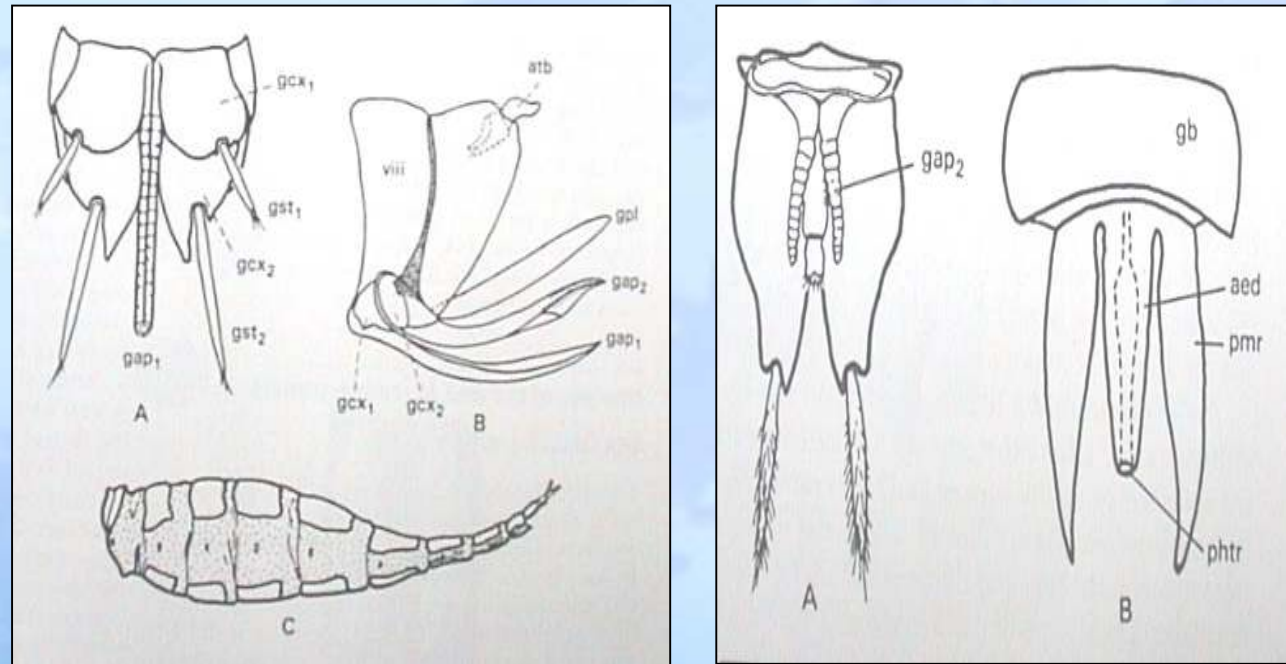
Jantan

- ◇ Mirip dengan genitalia jantan
- ◇ Terdiri dari: gonad, testes, duct, dan kelenjar
- ◇ Setiap testes terdiri dari grup tabung sperma
- ◇ Setiap folikel sperma tersambung ke vas eferen dan menyambung ke vas deferen
- ◇ Akhirnya terhubung ke saluran ejakulatori yang berhubungan dengan penis atau aedeagus

Genitalia luar

- ◊ Genitalia luar dimodifikasi dari segmen abdomen ke 8, 9, dan 10
- ◊ Pada jantan, merupakan alat untuk kopulasi dan transfer sperma ke betina
- ◊ Pada betina, merupakan alat untuk meletakkan telur (ovipositor)

Reproduksi, Perkembangan dan Metamorfosis



Gambar genitalia luar. Betina (kiri) dan jantan (kanan).

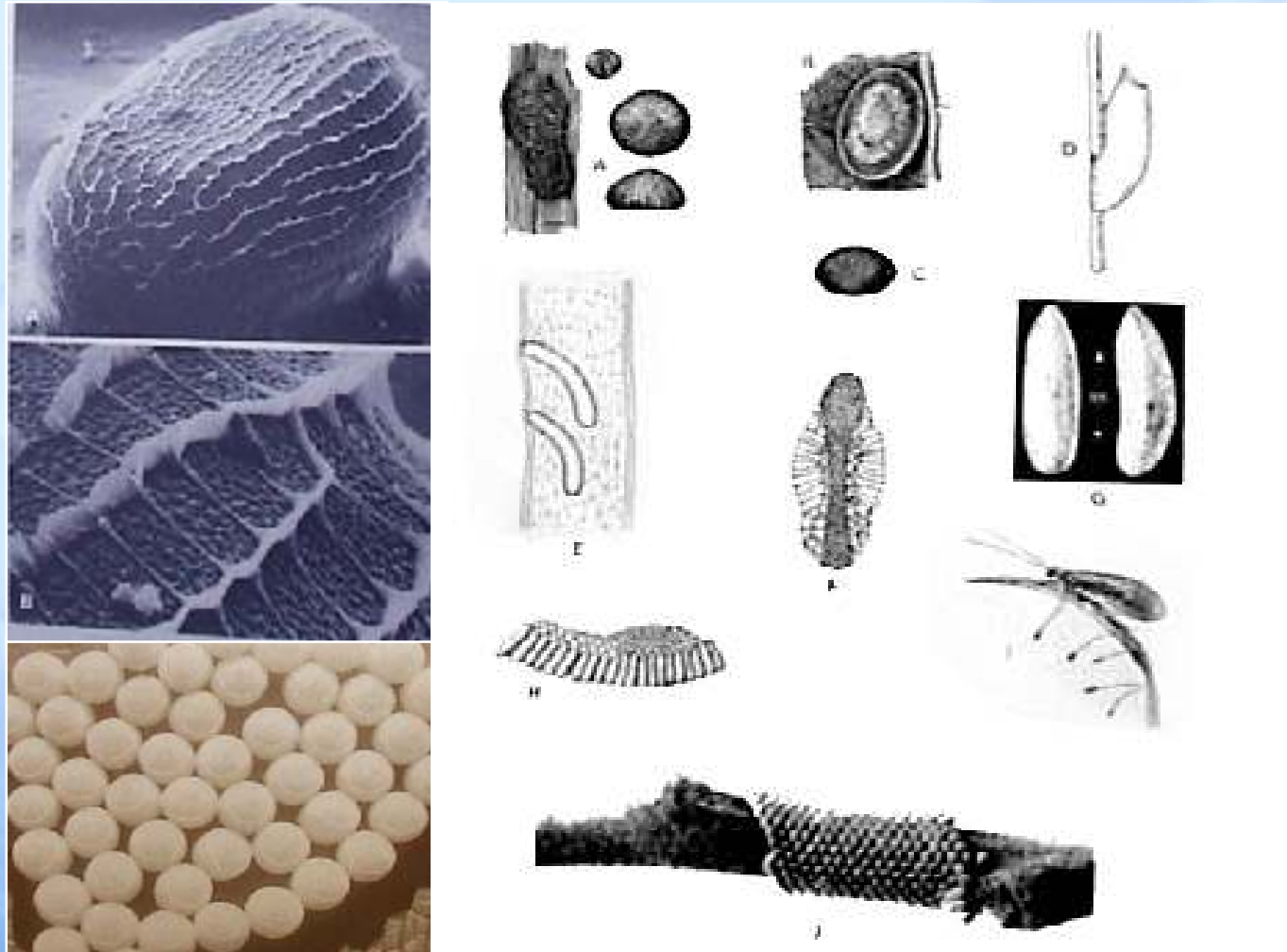
Perkembangan

Determinasi seks

- ◊ Serangga jantan memiliki satu kromosom (XO) atau dua kromosom yang berbeda (XY)
- ◊ Serangga betina memiliki dua kromosom yang sama (XX). Ada pengecualian di Lepidoptera.
- ◊ Pada Hymenoptera, serangga jantan haploid dan betina diploid (jantan dari telur yang tidak dibuahi)

Telur

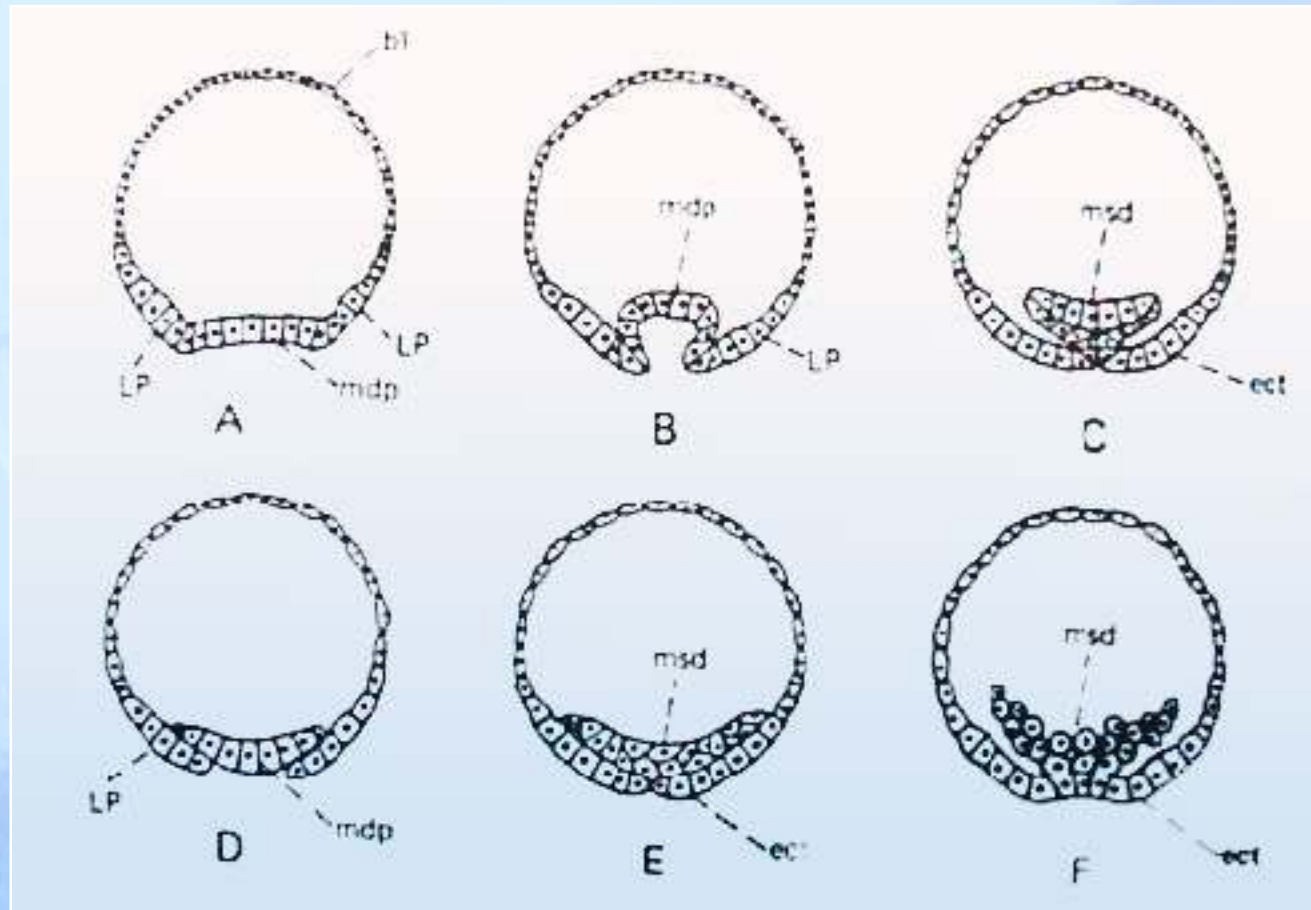
- ◇ Telur serangga sangat bervariasi dalam bentuk dan ukuran
- ◇ Banyak serangga mempunyai telur yang terlindung oleh lapisan tertentu (ooteka pada kecoa)
- ◇ Banyak serangga meletakkan telur dalam jaringan (tanaman atau serangga)
- ◇ Banyak serangga yang ovipar, yaitu serangga menetas setelah telur diletakkan
- ◇ Ada serangga yang telur dan larva tumbuh dalam induknya. Contoh ekstrem pada sejenis lalat yang telur dan larvanya berkembang dalam induk dan segera setelah 'dilahirkan' menjadi pupa



Gambar berbagai telur serangga

Perkembangan Embrio

- ◇ Telur serangga dilapisi oleh vitelin (membran disekitar sitoplasma) dan korion (cangkang telur)
- ◇ Di korion terdapat lubang lubang kecil pada masing-masing ujungnya dimana sperma masuk
- ◇ Sebagian besar telur berisi kuning telur
- ◇ Dalam perkembangan embrio, dimulai dari anterior dan melibatkan ektoderm, mesoderm, dan endoderm
- ◇ Serangga keluar dari telur dengan berbagai cara: dengan alat mulut atau alat lain di kepala
- ◇ Polioembrionik adalah perkembangan dua atau lebih embrio dari satu telur (pada parasit Hymenoptera)
- ◇ Pada Encyrtidae, 1500 embrio berkembang dari satu telur



Gambar pembentukan mesoderm pada serangga

Perkembangan Pasca Embrio

- ◊ Eksoskeleton merupakan masalah dalam perkembangan serangga
- ◊ Karena eksoskeleton tetap ukurannya maka apabila serangga tumbuh juga harus mengganti ukuran eksoskeleton
- ◊ Proses penyerapan kutikel lama dan sintesa kutikel baru disebut ganti kulit (molting)
- ◊ Ganti kulit tidak saja pada kutikel dinding tubuh, tapi juga kutikel yang melapisi trakea, pencernaan depan dan belakang dan struktur endoskeleton (tentorium)
- ◊ Bagian kulit lama disebut exuviae yang sering berbentuk seperti serangga yang ganti kulit (contoh tonggeret)

Perkembangan Pasca Embrio

- ◇ Ganti kulit dimulai oleh pelepasan PTTH (hormat otak) dari neurosekretari di otak
- ◇ Hal ini menstimulasi kelenjar protoracic (kelenjar ganti kulit) untuk melepaskan ecdysone ke dalam hemolimf
- ◇ Ecdysone menstimulasi pemisahan kutikula lama, dan prosesnya disebut apolysis
- ◇ Epidermis bermitosisi dan berkembang terus
- ◇ Setelah kutikel baru terbentuk, cairan ganti kulit dikeluarkan. Cairan tersebut mengandung enzim yang mencerna kutikel lama untuk diserap kembali ke dalam tubuh
- ◇ Setelah proses ini terjadi serangga siap keluar dari eksoskeleton yang lama (Ecdysis), biasanya melalui bagian yang lemah di tengah toraks again dorsal

Perkembangan Pasca Embrio

- ◇ Ketika baru keluar dari kulit lama, serangga sering berwarna pucat
- ◇ Serangga sering membesarkan bagian tubuhnya setelah ganti kulit dengan udara dan air
- ◇ Serangga pradewasa ganti kulit 4 s/d 8 kali. Beberapa Odonata ganti kulit 12 kali dan beberapa Ephemeroptera 12 kali
- ◇ Beberapa serangga tetap ganti kulit walaupun sudah dewasa
- ◇ Masa waktu antara ecdysis disebut **instar**
- ◇ Waktu antara apolysis dan ecdysis disebut **pharate**

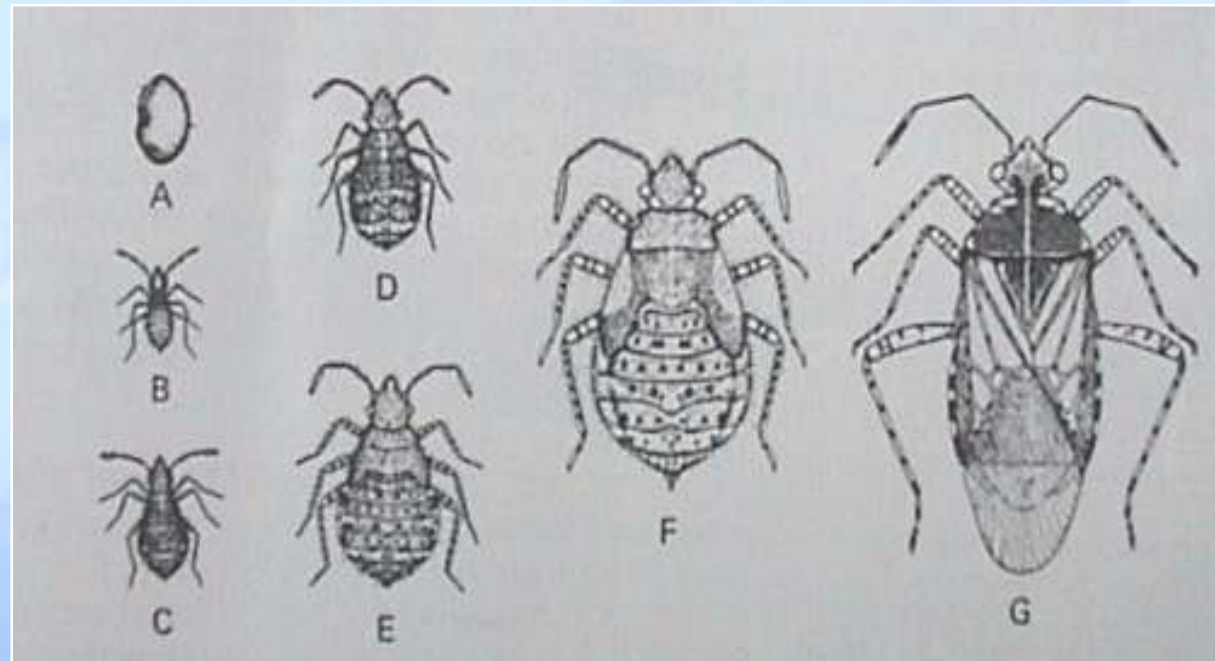
Metamorfosis

- ◇ Serangga berubah bentuk dalam perkembangannya: metamorfosis
- ◇ Dalam metamorfosis terdapat dua proses yaitu histolysis dan histogenesis
- ◇ Histolysis adalah proses penguasaan struktur larva menjadi bahan untuk pembentukan imago. Sedang histogenesis adalah proses pembentukan struktur baru dari hasil histolisis
- ◇ Bahan histogenesis adalah hemolimf, lemak tubuh, dan hasil histolysis

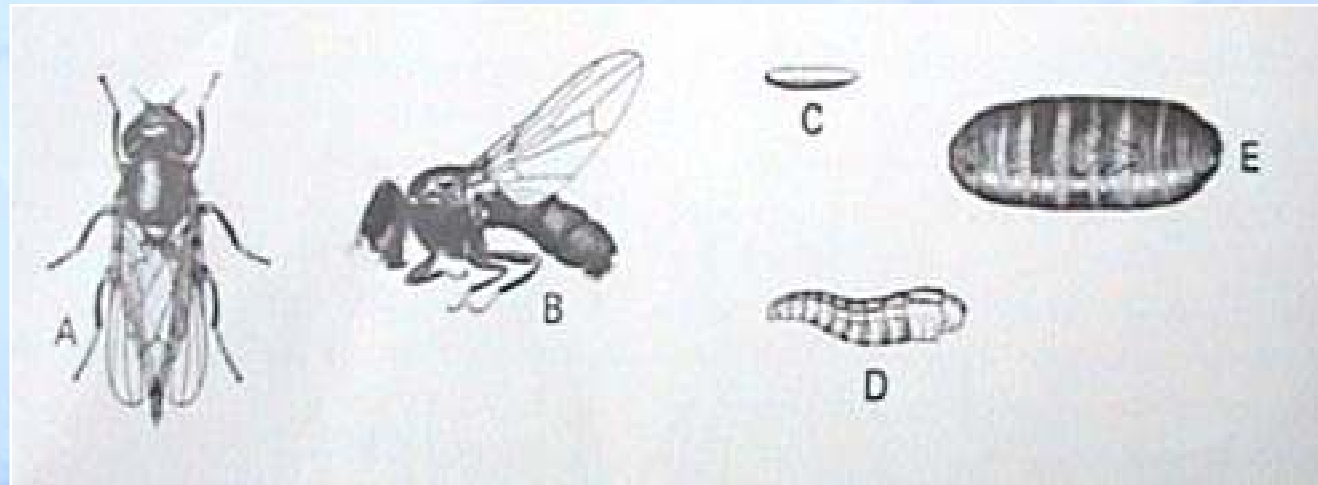
Metamorfosis

- ◇ Metamorfosis sederhana
- ◇ Ada tiga macam metamorfosis dalam grup ini:
 - ◇ Ametabola (tanpa metamorfosis)
 - ◇ Contoh: Collembola, Diplura, Microcoryphia, Thysanura
 - ◇ Hemimetabola (metamorfosis tidak lengkap)
 - ◇ Serangga pradewasa hidup di habitat yang berbeda dengan dewasa
 - ◇ Contoh: Ephemeroptera, Odonata, dan Plecoptera
 - ◇ Serangga pradewasa disebut **naiad**
 - ◇ Paurometabola (metamorfosis bertahap)
 - ◇ Serang pradewasa disebut nimfa dan dewasa biasanya bersayap dan hidup di habitat yang sama

Reproduksi, Perkembangan dan Metamorfosis



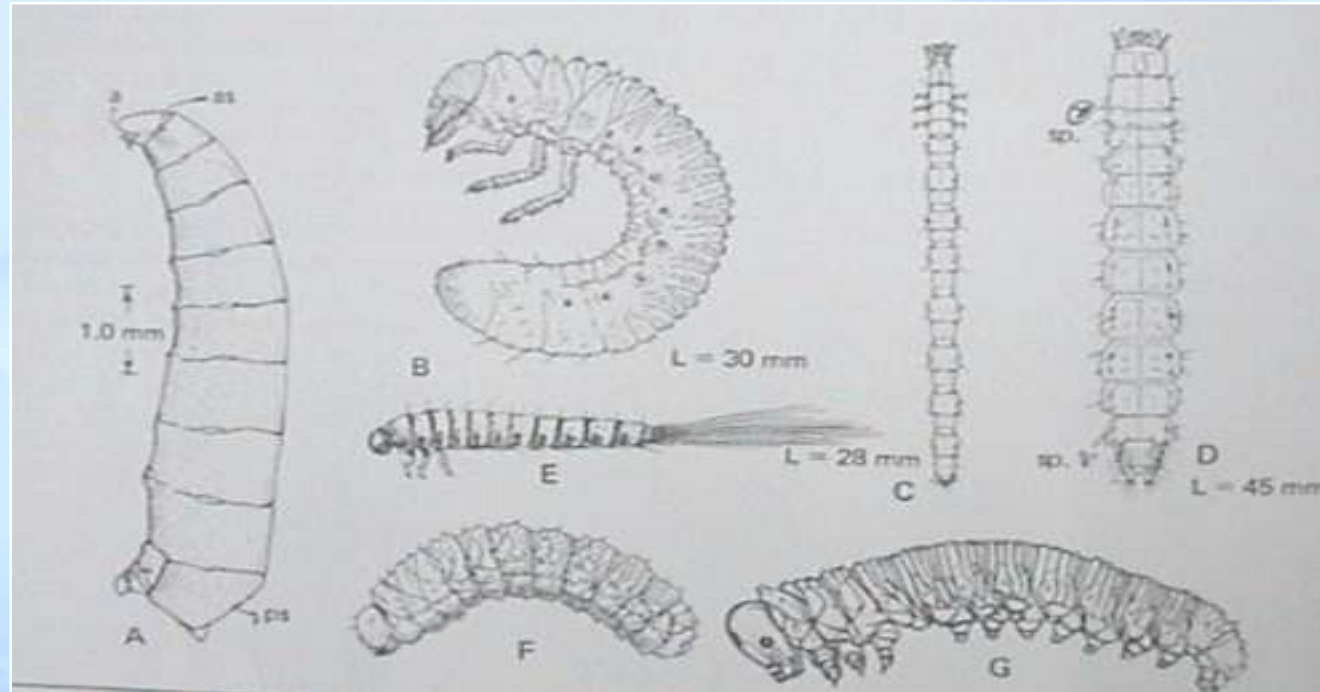
Gambar contoh metamorfosis hemimetabola



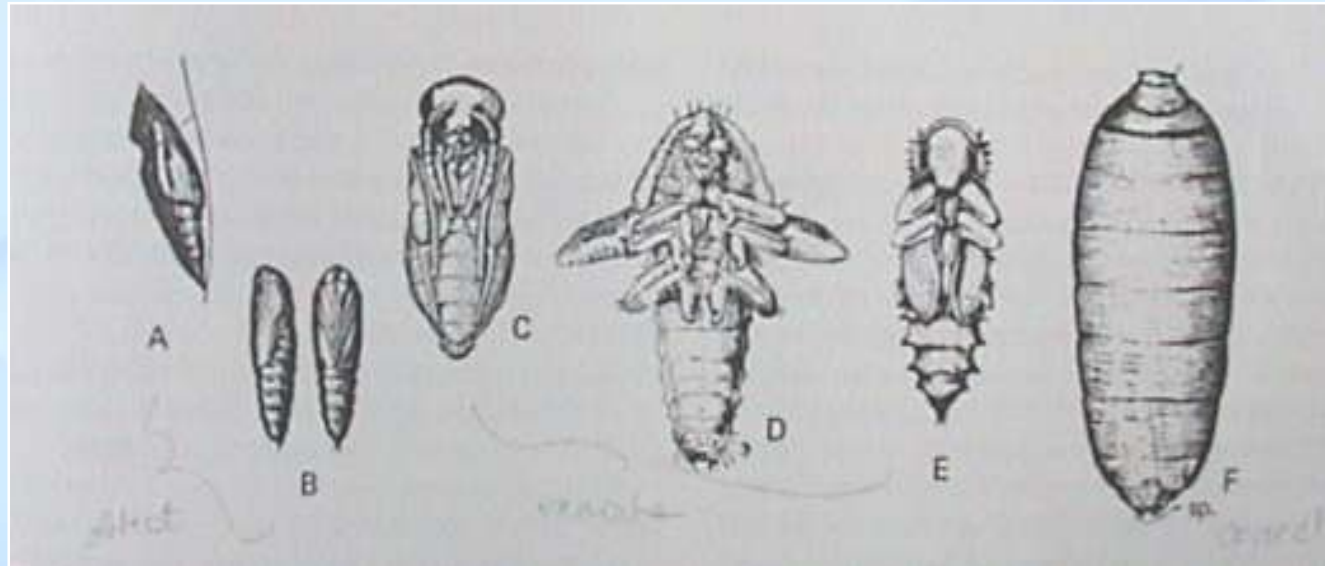
Gambar contoh metamorfosis holometabola

Metamorfosis

- ◇ Metamorfosis sempurna
 - ◇ Dari telur-larva-pupa-imago
 - ◇ Masing-masing stadia sering pada habitat yang berbeda
 - ◇ Bakal sayap terdapat di dalam (pada pradewasa)
 - ◇ Hypermetamorfosis adalah tipe metamorfosis sempurna, dimana setiap instar larva berbentuk berbeda
 - ◇ Sering pada serangga parasitoid (Meloidae, Rhipiporidae, Mantispidae, Strepsiptera, dan beberapa Dipetra dan Hymenoptera)



Gambar Tipe Larva: A. vermiform, B. Scarabeiform, C. Elateriform, D. Elateriform, E. campodeiform, F. Vermiform, dan G. Eruciform



Gambar Tipe Pupa: A-B. Obtecta, C-E. Exarata, F. Coarcata

Biologi, Ekologi dan Perilaku

Bahan Bacaan:

- ◊ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal. 68-108
- ◊ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal. 195-347

Adaptasi Terhadap Keadaan Ekstrim

Temperatur

- ◇ Banyak serangga mampu beradaptasi pada daerah yang sangat dingin seperti Antartika
- ◇ Kutu menempel pada singa laut di daerah kutub, dimana suhunya selalu dibawah -2.0°C
- ◇ Kolembola dan tungau ditemukan di suatu glasiar lk. 600 km dari Kutub Selatan
- ◇ Di pulau-pulau Sub-Antartika jenis serangga yang hidup lebih banyak, khususnya Koleoptera, Diptera, dan Lepidoptera
- ◇ Banyak serangga hidup dan berkembang pada musim salju (namun banyak juga yang berdiapause dalam bentuk larva atau pupa)
- ◇ Glycerol berfungsi sebagai anti freezing



Adaptasi Terhadap Keadaan Ekstrim

Diapause

- ◊ Adalah fase dimana organisme berhenti berkembang dan terjadi pada siklus tahunan
- ◊ Berbeda dengan *quiescence* yang merupakan respon sementara terhadap kondisi yang kurang menguntungkan seperti kekeringan atau temperatur rendah
- ◊ Pada spesies *univoltine* (satu generasi per tahun), diapause obligat sering terjadi (di daerah Subtropika)
- ◊ Pada spesies *multivoltine* diapause fakultatif mungkin terjadi (di daerah Subtropika)

Adaptasi Terhadap Keadaan Ekstrim

Penyimpanan Makanan

- ◇ Penyimpanan makanan merupakan mekanisme pertahanan hidup
- ◇ Semut (HYM: Formicidae) sering mengumpulkan biji-bijian dan disimpan di sarangnya
- ◇ Lebah mengumpulkan polen dan madu untuk keturunannya
- ◇ Sejenis tabuhan (HYM: Sphecidae) menyimpan larva Lepidoptera di sarangnya

Adaptasi Terhadap Keadaan Ekstrim

Hidup di Gua

- ◊ Kehidupan yang ekstrim dan sangat menarik adalah di gua yang gelap total (*troglobites*)
- ◊ Biasanya tak bermata, namun di serangga dikompensasi dengan antena, tungkai, dan rambut perasa yang ramping dan panjang
- ◊ Di Australia terdapat ratusan serangga di gua yang gelap total. Salah satunya adalah kecoa tanpa mata *Trogloblatella nullarborensis* (BLAT: Blatellidae)
- ◊ Jenis capung tertentu di Afrika hidup di gua pada siang hari (*trogloxene*: menggunakan gua sebagai tempat hidup sementara)

Adaptasi Terhadap Keadaan Ekstrim

Air Tawar

- ◊ Banyak modifikasi fisik serangga untuk hidup di air, seperti pada larva nyamuk, naiad capung dan kumbang air
- ◊ Jenis serangga tertentu memiliki 'insang' (*tracheal gill*) untuk adaptasi dalam air
- ◊ Sejenis lalat (DIP: Gerridae) mempunyai tungkai yang termodifikasi untuk berjalan di atas permukaan air
- ◊ Banyak serangga memiliki tungkai seperti dayung untuk berenang di air

Kehidupan Sekitar dan Dalam Air

Kekeringan (*Desiccation*)

- ◇ *Cryptobiosis* istilah untuk mekanisme pertahanan hidup (survival) suatu organisme
- ◇ Sejenis larva nyamuk (DIP: Chironomidae) dapat hidup tanpa air sedikitpun dalam tubuhnya dan bertahan di suhu sekitar 100°C sampai -270°C , serta masih bertahan direndam di ethanol absolut atau glycerol selama seminggu

Kehidupan Sekitar dan Dalam Air

Perairan Dalam dan Laut

- ◇ Meskipun serangga adaptif terhadap berbagai lingkungan. Hanya nyamuk Chironomid (DIP: Chironomidae) yang hidup di danau yang dalam
- ◇ Tidak ada serangga yang hidup di laut dalam, namun banyak yang hidup di pantai dan tahan air laut yang bergaram atau menggunakan laut untuk sarana migrasi (misalnya dari Ujung Kulon ke Krakatau)
- ◇ Ada jenis serangga tertentu dapat hidup dan beradaptasi permukaan air laut. Serangga ini tidak bersayap dan dapat meloncat sejauh 12 cm (di Australia)

Hubungan Serangga dengan Tanaman

Tanaman Sebagai Makanan dan Habitat

- ◇ Banyak serangga fitofag menjadi pesaing manusia (hama)
- ◇ Beberapa serangga menjadi arboreal dan banyak modifikasi dalam tubuhnya (serangga penggerek batang, daun dll.)
- ◇ Beberapa kutu tempurung kelihatan menyatu pada tanaman
- ◇ Serangga punya masalah dengan tanaman, karena:
 - ◇ Sebagian beracun
 - ◇ Kandungan nutrisi tidak sesuai

Hubungan Serangga dengan Tanaman

Pertahanan Tanaman dari Serangan Serangga

- ◇ Tanaman berevolusi untuk pertahanan terhadap serangan herbivora
- ◇ Secara kimia, tanaman tertentu mengandung bahan yang merugikan serangga (*secondary compounds*)
- ◇ Secara mekanis (duri, daun berambut dll.)
- ◇ Banyak adaptasi morfologi serangga untuk mengatasi sistem pertahanan tanaman (contoh: Kepala dan mandibel penggerek batang COL: Cerambycidae berukuran besar dan kuat)
- ◇ Banyak tanaman yang dihindari oleh binatang herbivora ternyata tidak luput dari serangan serangga

Hubungan Serangga dengan Tanaman

Serangga Penyebar Penyakit Tanaman

- ◇ Transmisi penyakit merupakan konsekuensi dari serangga yang memakan tanaman
- ◇ Jenis penyakit yang banyak ditularkan serangga adalah virus selain fitoplasma, bakteri, cendawan dll.
- ◇ Wereng coklat merupakan vektor penyakit virus pada tanaman padi. Wereng hijau (HEM: Jassidae) menyebarkan penyakit tungro pada padi. Kutu daun, kutu kebul, dan trips juga merupakan vektor berbagai jenis virus pada tanaman sayuran dan tanaman hias



Hubungan Serangga dengan Tanaman

Puru (*Galls*)

- ◇ Disebut juga puru. Contohnya serangan pada padi oleh sejenis nyamuk (DIP: Cecydomyiidae) dan 'bisul-bisul' pada daun jambu bol oleh Psyllidae (HEM)
- ◇ Kebanyakan puru pada daun, tangkai, bunga, pucuk tanaman
- ◇ Selain oleh DIP dan HEM, banyak grup lain dapat membentuk puru, seperti THY, COL, LEP dll.



Hubungan Serangga dengan Tanaman

Koevolusi Mutualisme Tanaman dan Serangga

- ◇ Koevolusi terjadi karena tekanan seleksi
- ◇ *Myrmecochory* adaptasi tanaman sedemikian rupa terhadap semut sebagai penyebar. Semut dapat membawa biji dan menyebarkannya. Semut dapat menjadi penyerbuk.
- ◇ Serangga sebagai agen *cross-pollination*

Hubungan Serangga dengan Tanaman

Tanaman Pemakan Serangga

- ◊ Meskipun hampir semua tanaman dapat terserang serangga, namun ada sebaliknya dimana tanaman makan serangga
- ◊ Tanaman kantong semar (*Nepenthe*) merupakan contoh terkenal. Mekanisme yang lain adalah jebakan berperangkap
- ◊ Tanaman makan serangga untuk dicerna dan diambil nutrisinya: protein dll.



Hubungan Serangga dengan Tanaman

- ◇ Banyak serangga sebagai bagian dari rantai makanan yang panjang
- ◇ Hewan pemangsa serangga adalah burung, ikan, kelelawar, katak, cicak, laba-laba dan binatang lain termasuk serangga sendiri
- ◇ Contoh menarik adalah ikan senapan di Australia dan bunglon yang mempunyai lidah menjulur untuk menangkap serangga
- ◇ Serangga predator seperti lalat Asilidae (DIP), kumbang pemangsa (COL: Carabidae), Capung (ODO)



Parasit dan Parasitisasi

Serangga Parasit pada Vertebrata

- ◇ Banyak serangga sebagai ektoparasit pada vertebrata (Sapi, kerbau, kucing, anjing dll)
- ◇ Kutu pinjal selain sebagai parasit juga vektor penyakit pada hewan
- ◇ Kebanyakan serangga parasit hewan beradaptasi dengan kuku yang kuat untuk mengait di rambut inang dan menjadi tidak bersayap
- ◇ Larva lalat parasit sering hidup pada inang



Parasit dan Parasitisasi

Serangga Parasit pada Serangga

- ◊ Grup serangga yang banyak menjadi parasit adalah Hymenoptera, Diptera dan Strepsiptera
- ◊ Beberapa serangga juga sebagai parasitoid, seperti parasit tapi dapat mematikan inangnya
- ◊ Hyperparasitoid: serangga parasit yang memarasit parasitoid



Parasit dan Parasitisasi

Musuh Alami Serangga

- ◇ Tungau (ACARINA) merupakan ektoparasit serangga
- ◇ Selain tungau: fungi, protozoa, bakteri, virus dll.
- ◇ Banyak musuh alami serangga ini sengaja dibiakkan dan dikembangkan untuk maksud pengendalian biologi pada sistem pertanian



Parasit dan Parasitisasi

Foresi (*Phoresy*)

- ◇ Banyak serangga menempel ke organisme lain untuk maksud perpindahan tempat (transportasi)
- ◇ Larva instar pertama Meloidae (COL) yang disebut triungulin yang aktif bergerak dan menempel pada bunga-bunga supaya dapat pindah bersama lebah
- ◇ Kutu daun (Aphids) sering dipindah oleh semut ke bagian tanaman atau tanaman lain untuk keperluan makanan (embun madu)



Warna, Bentuk, Mimikri dan Polimorfisme

Penyamaran (*Crypsis*)

- ◇ Merupakan kombinasi warna, struktur dan perilaku untuk penyamaran
- ◇ Phasmatodea (belalang dan atau ranting) menyamar sebagai daun atau ranting
- ◇ Ulat jengkal berwarna seperti ranting dan sering berperilaku 'kaku' sehingga seperti ranting kering
- ◇ Ngengat mirip dengan profile kayu dimana dia menempel
- ◇ Lalat mirip sekali dengan lebah penyengat

Warna, Bentuk, Mimikri dan Polimorfisme

Aposematik

- ◇ Selain mengeluarkan bahan kimia, serangga sering sangat tidak enak dimakan (*distasteful*) dan sangat beracun
- ◇ Banyak serangga kalau menyengat atau menggigit terasa sangat menyakitkan
- ◇ Lebah tabuhan merupakan penyengat yang hebat. Begitu juga semut api atau ulat bulu yang dapat membuat kulit sangat gatal



Warna, Bentuk, Mimikri dan Polimorfisme

Mimikri

- ◇ Mimikri dengan bentuk atau warna yang merupakan perhatian bahaya bagi organisme lain. Seperti lebah berwarna hitam dan kuning (pada ular juga). Hal ini disebut Mimikri Mullerian
- ◇ Mimikri Batesian merupakan mimikri organisme yang menyerupai organisme yang berbahaya. Contohnya lalat menyerupai lebah penyengat
- ◇ Mimikri Aide-Memoire adalah mimikri agar organisme predator ingat dengan pengalaman buruk sebelumnya. Contoh: serangga mengeluarkan suara desis, serangga dengan sayap seperti mata burung dll.



Warna, Bentuk, Mimikri dan Polimorfisme

Polimorfisme siklus

- ◇ Perubahan bentuk secara siklus terjadi pada jenis tertentu seperti kutu daun dan wereng.
- ◇ Pada kutu daun, perubahan warna atau bersayap-tidak bersayap terjadi tergantung pada lingkungan dan makanan
- ◇ Pada suatu serangga dapat terjadi perubahan sebanyak 20 macam dalam setahun
- ◇ Contoh lain pada kepik hijau *Myzus persicae*

Serangga Sosial

- ◇ Serangga sosial (sebenarnya) adalah yang membentuk koloni dan mempunyai pembagian kelompok sebagai fungsi yang berbeda (raja, ratu, serdadu, pekerja dll.)
- ◇ Terjadi pada rayap (ISO), lebah dan semut (HYM)
- ◇ Grup lain (HEM) memiliki beberapa spesies yang tetuanya menjaga keturunannya (sosial juga walaupun tak sebenarnya)
- ◇ Embioptera merupakan salah satu grup yang membuat sarang (untuk 'rumah tinggal' bagi seluruh populasi)



Migrasi

- ◇ Tujuan migrasi pada serangga:
 - ◇ Untuk memaksimalkan kemungkinan survive di berbagai macam habitat yang berbeda
 - ◇ Untuk lolos dari keadaan lingkungan buruk, musuh alami, atau penyakit
 - ◇ Untuk mencari pasangan kawin dan membuat koloni baru
- ◇ Di daerah sub temperate, pada musim dingin serangga bermigrasi ke daerah lain yang lebih panas

PERILAKU

- ◇ *Instincts*
 - *Taxes positif / negative*
 - Contoh: phototaxis, anemotaxis, geotaxis
- ◇ Belajar (*learning*)
 - Perubahan perilaku karena pengalaman
Sebelumnya
- ◇ Komunikasi
 - Jarak jauh
 - Melibatkan alat visual, bahan kimia tersebar di udara,
alat pendengar (*auditory*) dll.

- Jarak dekat
 - Kombinasi beberapa organ perasa
- Khusus
 - Intraspesifik dan interspesifik
- Bahan kimia yang mempengaruhi perilaku
- Dalam tubuh serangga:
 - hormon, diproduksi di suatu bagian dan disebarkan ke bagian lain

- Dikeluarkan dari individu, mempengaruhi individu lain
 - Spesies sama -> *pheromone*
 - *Primer*, efek jangka panjang (serangga sosial)
 - *Releaser*, efek sesaat (*sex dan aggregation pheromones*)
 - Beda spesies (*interspecific*)
 - *Allomone*
 - Keuntungan untuk pengirim bahan kimia (*venoms, defective compounds*)
 - Menguntungkan pengirim dan penerima pesan (sekresi dari *myrmecophiles*, beberapa *secondary plant compounds*)

- *Kairomone*

- Menguntungkan penerima bahan kimia
- Biasanya berhubungan dengan makanan

Dalam banyak kasus, bahan kimia yang dikeluarkan bersifat keduanya, sebagai allomone dan kairomone (contoh *cantharidin*).



Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb

Evolusi, Sistematika dan Filogeni

Bahan Bacaan:

- ◊ The Insects of Australia 2nd ed., Vol. 1. Hal.
- ◊ The Insects: An Outline of Entomology 2nd ed. Hal.
- ◊ An Introduction to the Study of Insects, 6th ed. Hal.



Evolusi, Sistematika dan Filogeni

Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb

ERA	JUTA TH YL	PERIODE	BENTUK KEHIDUPAN
Cenozoic	70	Pleistocene Tertiary	Manusia pertama Tanaman berbunga, serangga modern, serangga dalam amber
Mesozoic	135 180 225	Cretaceous Jurassic Triassic	Reptile Burung pertama Mamalia pertama
Paleozoic	270 350 400	Permian Carboniferous Devonian	Muncul ordo-ordo serangga modern Serangga terbang pertama (serangga besar, beberapa sudah musnah) Hexapoda pertama (Collembola), Amphibi pertama
Paleozoic	440 500 600	Silurian Ordovician Cambrian	Binatang darat pertama (Kalajengking, kaki seribu), muncul ikan pertama Vertebrata pertama Arthropoda pertama
Precambrian			Invertebrata primitif

TAKSONOMI DAN SISTEMATIKA

- ◊ Taksonomi (*taxonomy*) adalah teori dan praktek diskripsi, penamaan, dan klasifikasi suatu organisme
- ◊ Sistematika (*systematics*) adalah cabang ilmu yang mempelajari biodiversitas dan hubungan berbagai macam organisme. Istilah taksonomi dan sistematika sering dianggap sama
- ◊ Klasifikasi adalah pengelompokan secara hirarki tentang sesuatu sesuai dengan tingkat perbedaannya
- ◊ Identifikasi berbeda dengan klasifikasi, karena dilakukan setelah klasifikasi

- ◇ Dua jenis filogeni serangga yang berbeda:
 - ◇ Kristensen
 - ◇ Kukulova-Peck
- ◇ Perbedaan disebabkan oleh jenis data yang digunakan, analisis, serta interpretasi yang berbeda

KATAGORI TAKSONOMI

Kategori Taksonomi

Akhiran Standar

ORDO

Subordo

Superfamili

-oidea

FAMILI

-idae

Subfamili

-inae

Supertribe

-itae

Tribe

-ini

Subtribe

-ina atau -iti

GENUS

Subgenus

SPESES

Subspesies

Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb

PROSES TAKSONOMI

- ◇ Dalam proses taksonomi diperlukan batasan:
 - ◇ Pilihan grup serangga
 - ◇ Daerah geografis
 - ◇ Koleksi dan pengawetan
 - ◇ Koleksi taksonomi
 - ◇ Literatur taksonomi
 - ◇ Spesies dan variasinya
 - ◇ Karakter
 - ◇ Homologi dan Homoplasi

METODE TAKSONOMI

- ◊ Fenetik
- ◊ Kladistik
- ◊ Evolusi

Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb

Fenetik (*Phenetics*)

- ◇ berdasarkan kesamaan karakter (*overall similarity-phenetics*)
- ◇ sering disebut juga 'taksonomi numerik' (*numerical taxonomy*)
- ◇ dikembangkan oleh Sokal dan Sneath
- ◇ prinsip-prinsipnya adalah:
 - ◇ makin banyak karakter yang digunakan makin baik
 - ◇ semua karakter mempunyai nilai yang sama (*equal weight*)
 - ◇ derajat kesamaan antar taksa tidak selalu sama, oleh karena itu terbentuk kluster
 - ◇ taksonomi harus empiris
 - ◇ klasifikasi harus berdasarkan kesamaan karakter

◇ estimasi kesamaan melalui proses:

- ◇ pemilihan taksa, *operasional taxonomic unit* (OVT)
- ◇ pemilihan karakter dan karakter state
- ◇ pencatatan karakter untuk semua OVT
- ◇ kompilasi data dalam matrix (format biner)



- ◇ mungkin ada karakter yang *multiple discrete* dan ada yang *kontinue*
- ◇ setelah kompilasi data, koefisien jarak (*distance coefficients*) dapat diperkirakan
- ◇ setelah perbedaan/kesamaan dihitung, biasanya disajikan dalam matrik jarak (*distance matrix*) setiap OUT ke OUT yang lain



- ◇ dua prinsip dapat diaplikasikan pada matrik data atau jarak:
 - ◇ pengelompokan (*clustering*)
 - ◇ dengan penambahan atau pengurangan subset OTU
 - ◇ *ordination* (dengan grafis 2-3 dimensi)
 - ◇ *principal componen analysis (PCA)*
 - ◇ *principal coordinate analysis* dg. matrik jarak
 - ◇ *canonical variates analysis* memberikan diskriminasi terbaik, khususnya untuk populasi geografi
 - ◇ *multi-dimensional scaling* cocok untuk hubungan non-linear variabel dan ordinasasi ruang
- ◇ hasil analisa dapat diplotkan dalam *scatter diagram*

Kladistik (*Cladistics*)

- ◊ dulunya disebut *phylogenetik systematics*
- ◊ dikembangkan oleh Willi Hennig (1950)
- ◊ berkembang atas dasar fenetik tidak stabil dan subjektif
- ◊ berbeda dengan fenetik, kladistik berdasarkan keturunan (*geneology*)
- ◊ prosedur dasarnya adalah pengertian tentang:
 - ◊ *apomorphies*, karakter baru homolog yang diwariskan
 - ◊ *synapomorphies*, karakter yang diwariskan sama untuk dengan tetua (*common ancestry*)
 - ◊ *plesiomorphies*, karakter primitif
 - ◊ *automorphies*, karakter baru hanya untuk satu takson

- ◊ setiap takson mempunyai *sister group*-takson terdekat
- ◊ hasil kladistik berbentuk kladogram, diagram bercabang
- ◊ *node* (titik percabangan) menunjukkan homologi taksa yang bercabang pada titik tersebut dan dianggap mempunyai tetua yang sama (*hypothetical ancestor*).

- ◇ semua tetua hipotesis membentuk grup monofiletik atau *clade*
- ◇ sisa grup monofiletik disebut grup parafiletik
- ◇ grup besar yang dibentuk oleh lebih dari satu tetua disebut polifiletik
- ◇ dalam kladistik, polaritas karakter adalah sangat krusial,, yaitu mengenali karakter yang diturunkan (apomorfik) dari karakter tetua (plesiomorfik)
- ◇ tiga cara yang digunakan untuk karakter polarisasi (Hennig, 1966) adalah:
 - ◇ perbandingan dengan *outgroup*
 - ◇ transformasi ontogeni (perkembangan individu)
 - ◇ penggunaan fosil



- ◊ konstruksi kladogram terbentur masalah homoplasi
- ◊ parsimoni (Farris (1973) dan Sober (1983), merupakan metode yang mendasarkan pada perubahan karakter yang terpendek
- ◊ apabila hubungan antar taksa tidak jelas tetuanya, maka kladogram dibuat *unrooted*
- ◊ *rooted* kladogram dibuat apabila tetua diketahui dengan jelas, sehingga karakter dapat diplotasi



Sistematika Evolusioner (*Evolutionary Systematics*)

- ◊ dikembangkan oleh Mayr (1965) dan Ashlock (1979) berdasarkan penolakan terhadap kladisti yang hanya berdasarkan geneologi (*cladogenesis*) dan fenetik yang berdasarkan perbedaan karakter morfologi (*anagenesis*) saja
- ◊ dalam sistematika evolusioner, filogram (*phylogram*) berdasarkan titik percabangan dan tingkat perbedaan karakter (*subsequent divergence*)

SISTEM PENAMAAN (*NOMENCLATURE*)

- ◇ sistem penamaan yang 'stabil' dan tidak *ambiguous* sangat diperlukan untuk komunikasi ilmiah
- ◇ mulai diotrebtkannya *SYSTEMA NATURA* ...

Evolusi, Sistematika dan Filogeni

Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb



Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb

Evolusi, Sistematika dan Filogeni



Klasifikasi Serangga (Kristensen)

Colloembola

Protura

Serangga

Apterigota

Pterygota

Palaeoptera

Neoptera

Eksopterigota

Orthopteroidea

Hemipteroidea

Endopterigota

Neuropteroidea

Mecopteroidea

Hymenopteroidea

Entomologi Umum (HPT-221)

Purnama Hidayat, hpt-faperta ipb