

**BUKU AJAR
DASAR-DASAR
EKOLOGI SERANGGA**



**MUHAMMAD INDAR PRAMUDI
SAMHARINTO SOEDIJO
HELDA ORBANI ROSA
LYSWIANA APHRODYANTI**

Buku Ajar

DASAR – DASAR EKOLOGI SERANGGA

Muhammad Indar Pramudi
Samharinto Soedijo
Helda Orbani Rosa
Lyswiana Aphrodyanti

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penulis dan Penerbit, kecuali untuk kutipan singkat demi penelitian ilmiah atau resensi.

Editor : Salamiah
Penata Letak : Ronny Mulyawan
Nia Septia Sari
Perancang Sampul : Roni Ramadhani
William Bismahur

i-x + 138 hlm, 15,5 x 23 cm
Cetakan pertama, November 2022
ISBN: 978 – 623 – 5774 – 62 – 6

Diterbitkan oleh :

CV Banyubening Cipta Sejahtera

Jl. Sapta Marga Blok E No. 38 RT 007 RW 003, Guntung Payung, Landasan
Ulin, Banjarbaru 70721

Email: penerbit.bcs@gmail.com; WA : +62 887 4366 45495

www.penerbitbcs.com

IKAPI : 006/KSL/2021

PRAKATA

Segala puji hanyalah milik Allah SWT kami memuji, senantiasa memohon pertolongan, meminta ampun, mengharap petunjuk, dan berlindung kepadaNya dari kejahatan jiwa kami dan keburukan perbuatan dan tingkah laku kami. Sholawat dan salam semoga tercurah kepada makhluk Allah yang paling mulia, Nabi Muhammad SAW, para sahabat, keluarga, dan pengikut beliau yang senantiasa melangkah di atas petunjuk beliau dan mengikuti jejak beliau hingga akhir zaman.

Karena nikmat kesempatan serta kesehatan yang Allah SWT berikan kepada kami, maka Buku Ajar Dasar-dasar Ekologi Serangga ini akhirnya dapat diselesaikan dalam waktu yang relatif tidak terlalu lama. Karena segala nikmat dari Allah SWT lah, Buku Ajar ini akhirnya berada di hadapan pembaca sekalian. Buku Ajar Dasar-dasar Ekologi Serangga dipersiapkan dan ditulis untuk pegangan mahasiswa Fakultas Pertanian, khususnya yang mengambil Mata Kuliah Dasar-Dasar Ekologi Serangga.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Dekan dan Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Pertanian ULM yang telah mendorong kami sehingga Buku Ajar ini dapat terwujud. Terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik pemikiran maupun saran simpatik kepada kami.

Kami sangat menyadari bahwa Buku Ajar ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Kelemahan dan kekurangan yang tak terduga tersebut tentunya menjadi milik kami sebagai akibat dari kebodohan, kedangkalan pengetahuan, dan keterbatasan pengalaman. Jika Buku Ajar ini memiliki kelebihan dan kebaikan, maka semua ini hanyalah miliknya Allah SWT semata.

Akhirnya, semoga Buku Ajar Dasar-Dasar Ekologi Serangga ini memberikan manfaat bagi mahasiswa dan peminat bidang pertanian pada umumnya, dan semoga Allah SWT menjadikannya sebagai ladang amaliah bagi kami di sisinya. Amin.

Banjarbaru, Oktober 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
1 : PENGERTIAN EKOLOGI SERANGGA DAN DINAMIKA POPULASI	1
Pengertian Ekologi Serangga	2
Dinamika Populasi Serangga.....	5
1. Posisi keseimbangan (<i>equilibrium position</i>).....	6
2. Economic Injury Level.....	8
3. Economic Threshold	9
2 : FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI	13
Potensi Biotik (Internal).....	14
1. Daya reproduksi.....	14
2. Daya Survival.....	20
Resistensi Lingkungan (<i>Environmental resistance = Er</i>).....	23
1. Faktor fisis	23
2. Faktor Makanan.....	36
3. Faktor Hayati (Faktor Biotis)	48
4. Faktor manusia.....	50
Hubungan Antara Serangga dengan Lingkungannya	50
Latihan.....	55

3 : KEPADATAN POPULASI DAN INDEKS JUMLAH RELATIF . 57

Indeks Populasi	58
1. Indeks Peterson / Lincoln	59
2. Indeks Scnabel	59
3. Konsep Dasar Laju (<i>Vates</i>)	60
Faktor yang Mempengaruhi Kepadatan Populasi	61
1. Natalitas (angka kelahiran).....	61
2. Laju kelahiran.....	61
3. Natalitas maksimum.....	62
4. Mortalitas	62
5. Penyebaran Umur Populasi	63
Laju Intristik dari Kenaikan Alami	65
Pola Pertumbuhan Populasi dan Konsep Daya Dukung.....	66
Hubungan Antara Potensi Biotik, Pertumbuhan Logistik dan Resistensi Lingkungan	68
Pengaturan Populasi dan Konsep-konsep Pengendalian Populasi Bergantung dan Tidak Bergantung Kepadatan.....	69
Distribusi Populasi (Penyebaran Populasi).....	69
Struktur Populasi.....	70
Tipe Interaksi Antara Dua Organisme	73
4 : ANALISIS KEANEKARAGAMAN	75
Indeks Keanekaragaman (<i>Index of Diversity</i>).....	76
Indeks Kekayaan Jenis (<i>Index of Species Richness</i>)	77
Indeks Dominasi	78
Kemerataan Jenis	79
Kesamaan Jenis	80

5 : NERACA KEHIDUPAN (<i>LIFE TABEL</i>).....	83
6 : BENTUK-BENTUK PERTAHANAN SERANGGA.....	91
Aposematik dan Allomon	92
Cripsis dan Mimikri	98
Orientasi Serangga	109
Sarang (pertahanan serangga sosial)	116
<i>Mud-puddling</i> dan Migrasi Jarak Jauh.....	125
DAFTAR PUSTAKA.....	133

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keperidian beberapa jenis serangga	15
Tabel 2.2 Jumlah keturunan secara hipotesis yang diproduksi selama 5 generasi oleh jenis serangga dengan keperidian 100 butir telur .	18
Tabel 4.1 Kisaran nilai dan tingkat keanekaragaman jenis	77
Tabel 4.2 Kisaran nilai dan tingkat kekayaan jenis	78
Tabel 5.1 Jumlah individu <i>chohort nyamuk</i> yang hidup di Kutub Utara	84
Tabel 5.2 Neraca kehidupan <i>Chohort Nyamuk</i>	86
Tabel 5.3 Contoh perhitungan neraca kehidupan	88
Tabel 2.1 Keperidian beberapa jenis serangga	15
Tabel 2.2 Jumlah keturunan secara hipotesis yang diproduksi selama 5 generasi oleh jenis serangga dengan keperidian 100 butir telur ..	18
Tabel 4.1 Kisaran nilai dan tingkat keanekaragaman jenis	77
Tabel 4.2 Kisaran nilai dan tingkat kekayaan jenis	78
Tabel 5.1 Jumlah individu <i>chohort nyamuk</i> yang hidup di Kutub Utara	84
Tabel 5.2 Neraca kehidupan <i>Chohort Nyamuk</i>	86
Tabel 5.3 Contoh perhitungan neraca kehidupan	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Serangga dengan habitatnya	2
Gambar 1.2 Komponen pada Lingkungan Abiotik dan Biotik	3
Gambar 1.3 Kurva pertumbuhan populasi	6
Gambar 2.1 Dispersi populasi (P) serangga secara menyebar, memencar atau migrasi	22
Gambar 2.2 Pengaruh suhu tinggi terhadap mortalitas kumbang bersayap keras pada Kumbang Kulit kayu (<i>Pityokteines sparsus</i>) (<i>Coleoptera: Scolytidae</i>)	25
Gambar 2.3 Pengaruh gabungan antara suhu dan kelembaban udara relative terhadap aktifitas kumbang pengerek buah kapas (<i>Cotton ball weevil</i>)	32
Gambar 2.4 Keseimbangan populasi predator-mangsa	36
Gambar 2.5 Skema sederhana hubungan timbal balik antara serangga hama dengan faktor lingkungan	51
Gambar 6.1 Contoh serangga dengan warna cerah	93
Gambar 6.2 <i>Reflex bleeding</i> pada kumbang koksi	97
Gambar 6.3 Kamufase pada belalang daun dan belalang sembah	100
Gambar 6.4 Mimikri pada beberapa hewan	101
Gambar 6.5 Mimikri Batesian pada ngengat Nymphalidae	102
Gambar 6.6 Mimikri Batesian pada Ular Karang atau Coral Snake	103

Gambar 6.7 Mimikri Batesian pada larva Spicebush Swallowtail .	103
Gambar 6.8 Kupu-kupu viceroy (kiri) dan kupu-kupu raja atau monarch (kanan)	105
Gambar 6.9 Mimikri Mulerian pada kumbang tentara dan <i>Vespula vulgaris</i>	106
Gambar 6.10 Mimikri Peckhamian yang terjadi pada laba-laba yang meniru morfologi semut	108
Gambar 6.11 Sarang dan penampang melintang sarang rayap ..	117
Gambar 6.12 Beberapa bentuk sarang rayap.....	118
Gambar 6.13 Nasute pada kasta tentara	119
Gambar 6.14 Sarang semut pengayam.....	121
Gambar 6.15 Beberapa bentuk sarang lebah dari jenis a. <i>Pollistes snelleni</i> , b. <i>Vespa simillina</i> , c. <i>Apoica pallens</i> , d. <i>Parachartergus fraternus</i> , e. <i>Metapolybia azteccoides</i> dan f. <i>Polybia simillina</i>	122
Gambar 6.16 Lebah yang menyimpan telurnya dalam pot-pot kecil	123
Gambar 6.17 Kokon dari beberapa serangga kokon <i>Icerya purchase</i> (kiri) dan kokon dari pupa braconidae yang muncul dari larva inangnya (kanan)	124
Gambar 6.18 Kepompong dari kupu-kupu <i>Papilio cresphontes</i> ...	125
Gambar 6.19 <i>Syntarucus plinius</i> dan <i>Euchrysops cnejus</i> sedang melakukan <i>puddling</i>	126
Gambar 6.20 Ngengat vampir	128
Gambar 6.21 Ngengat <i>Gluphisia septentrionis</i>	128
Gambar 6.22 Kupu-kupu Raja, <i>Danaus plexippus</i>	132



**PENGERTIAN EKOLOGI SERANGGA
DAN DINAMIKA POPULASI**

Pengertian Ekologi Serangga

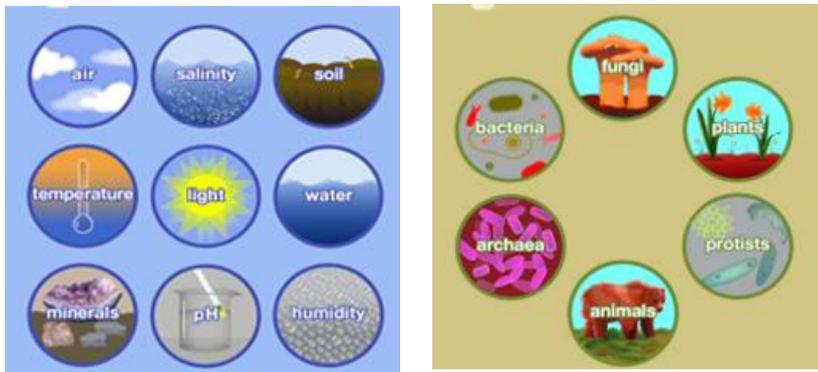


Gambar 1.1 Serangga dengan habitatnya

Ekologi serangga adalah ilmu yang mempelajari kehidupan serangga di dalam lingkungannya. Secara garis besar habitat atau tempat hidup serangga itu dapat dimana saja; ada serangga yang hidup di dalam tanah, di permukaan tanah, yang dapat terbang atau hidup di udara dan di air. Selebihnya serangga dapat tersebar di mana-mana terutama ditempat yang lembab dan rimbun. Pepohonan atau tanaman menjadi habitat yang paling banyak ditempati oleh serangga. Di dalam kehidupannya serangga dapat menjadi mangsa ataupun pemangsa. Kelestarian serangga di muka bumi ini dinilai cukup penting untuk kelangsungan rantai makanan. Ekologi serangga sering bersinggungan dengan kepentingan manusia,

EKOLOGI SERANGGA & DINAMIKA POPULASI

karena ada kelompok serangga yang bermanfaat atau berguna sebagai penyerbuk, musuh alami atau pengurai bahan organik, tidak berguna sebagai perusak atau pemakan tanaman atau hama. Serangga yang merusak tanaman perlu di tekan kehadirannya dan tidak mungkin dimusnahkan. Apabila serangga dimusnahkan semuanya, maka dapat menimbulkan terganggunya keseimbangan ekosistem.



(a) Abiotik

(b) Biotik

Gambar 1.2 Komponen pada Lingkungan Abiotik dan Biotik

Lingkungan adalah faktor utama yang mempengaruhi ekologi serangga, baik berupa lingkungan tidak hidup (fisik/abiotik) atau yang hidup (biotik) dan berupa makanan (pakan). Faktor lainnya adalah faktor dari serangga itu sendiri dan juga faktor makhluk hidup yang ada di sekitarnya. Semuanya ikut membentuk kehidupan serangga di dalam lingkungannya.

EKOLOGI SERANGGA & DINAMIKA POPULASI

Ekologi serangga mempelajari bagaimana serangga itu hidup di dalam komunitas dan interaksi dengan lingkungannya. Secara umum banyak jenis serangga yang hidupnya berkelompok atau yang disebut serangga sosial. Contohnya semut, rayap dan lebah. Di dalam hidupnya berbagai koloni serangga ini membentuk suatu habitat tertentu sebagai daerah kekuasaannya.

Serangga memiliki hubungan yang erat dengan manusia sebagai makhluk dengan tingkat hidup tertinggi. Ada serangga yang dapat dimanfaatkan dengan maksimal oleh manusia contohnya lebah madu. Namun tidak sedikit pula serangga yang menjadi masalah, merusak atau mengganggu tanaman sehingga menjadi serangga hama tanaman. Serangga juga dapat merusak hasil panen petani. Sisi lain dari lingkungan yang penting dan berpengaruh terhadap aktifitas serangga adalah makanannya. Serangga juga terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan sumber makanan seperti herbivora atau pemakan tumbuhan, omnivora atau pemakan segala, karnivora atau pemakan daging dan detritivor pemakan bahan organik

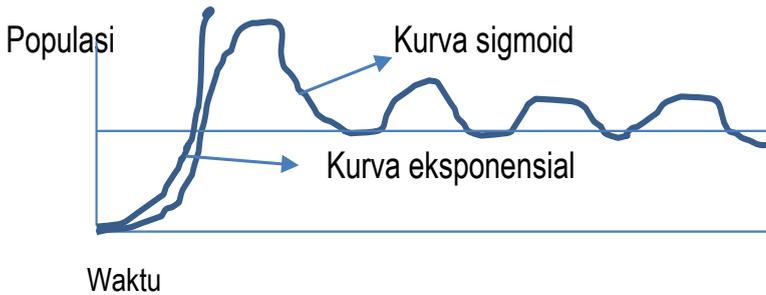
Begitu beragamnya jenis serangga sehingga serangga merupakan makhluk hidup dengan porsi terbesar di bumi ini. Kehadirannya memberikan keseimbangan dalam komunitas makhluk hidup.

Dinamika Populasi Serangga

Populasi yang telah diidentifikasi sebagai kelompok kolektif organisme-organisme dari jenis yang sama (kelompok-kelompok lain dimana individu-individu dapat bertukar informasi genetiknya) yang menduduki ruang atau tempat tertentu, memiliki berbagai ciri atau sifat yang merupakan milik yang unik dari kelompok dan tidak merupakan sifat milik individu di dalam kelompok itu. Beberapa sifat itu adalah kerapatan, natalitas (laju kelahiran), mortalitas (laju kematian), penyebaran umur, potensi biotik, dispersi dan bentuk pertumbuhan atau perkembangan. Populasi juga memiliki sifat genetika yang secara langsung berkaitan dengan ekologinya, misalnya sifat adaptif, sifat keserasian reproduktif, dan ketahanan (yakni, peluang meninggalkan keturunan selama jangka waktu yang panjang).

Secara teori pertumbuhan populasi serangga mengikuti kurva pertumbuhan sigmoid atau logistik (kurva berbentuk huruf S) dan pertumbuhan eksponensial (kurva berbentuk huruf J). Pada kurva pertumbuhan populasi sigmoid tergambar suatu posisi keseimbangan (*equilibrium position*) yang menunjukkan pertumbuhan populasi mengalami keseimbangan atau kenaikan dan penurunan populasi dan pada saat tertentu berjalan seimbang pada suatu posisi tertentu. Pada kurva pertumbuhan populasi

eksponensial populasi tumbuh secara perlahan kemudian dipercepat dan berhenti pada suatu tingkat populasi tertentu (Gambar 1.3)



Gambar 1.3 Kurva pertumbuhan populasi

1. Posisi keseimbangan (*equilibrium position*)

Populasi serangga hama di alam tidak konstan, sekali waktu tinggi dan waktu lain rendah populasinya. Tinggi rendahnya populasi serangga hama tergantung kepada biotik potensial dan hambatan lingkungan (*environmental resistance*) (faktor fisik, biotik dan makanan). Tekanan faktor fisik, biotik, dan makanan menyebabkan terjadinya pengendalian alami (*natural control*).

Suatu ekosistem pertanian (agroekosistem) merupakan ekosistem yang labil, artinya untuk memperoleh hasil pertanian yang cukup tinggi diperlukan tambahan energi yang berupa pupuk, penyiangan gulma, pengendalian hama/penyakit dan lain sebagainya. Hal itu bukan berarti pada ekosistem pertanian tidak ada pengendalian alami, tetapi nilainya masih lebih kecil daripada

perkembangan populasi serangga. Untuk itu diperlukan usaha untuk mengendalikan serangga hama.

Berbeda dengan ekosistem alami seperti hutan primer, faktor pengendalian alami lebih tinggi, sehingga aras *equilibrium position* lebih rendah dari *equilibrium position* pada ekosistem pertanian. Hal ini dapat dipahami, hutan primer atau ekosistem alami merupakan ekosistem yang stabil sehingga tekanan faktor fisik, makanan, biotik lebih besar.

Keberadaan satu jenis tanaman inang memungkinkan sejenis serangga hama tertentu berada disuatu tempat. Tersedianya tanaman inang secara terus menerus dan dalam keadaan melimpah akan mendukung pertumbuhan populasi di suatu daerah. Banyak sedikitnya tanaman inang sangat menentukan besarnya populasi serangga. Pada kondisi makanan dalam keadaan melimpah sedangkan populasi serangga rendah, maka populasi tersebut akan tumbuh dan meningkat dengan cepat. Sebaliknya bila suplai makanan berkurang maka populasi akan menurun. Bertambahnya populasi serangga juga dapat disebabkan karena adanya perkembangbiakan (natalitas) serangga atau datangnya (imigrasi) serangga dari tempat lain. Berkurangnya populasi serangga karena mortalitas (kematian) atau perginya (emigrasi) serangga dari tempat tersebut ke tempat lain yang lebih mendukung bagi kehidupan serangga. Pertumbuhan populasi serangga dapat digambarkan secara sederhana sebagai berikut:

$$P2 = P1 + N - M + I - E$$

Dimana:

P2 = Populasi akhir serangga

P1 = Populasi awal serangga

N = Natalitas

M = Mortalitas

I = Imigrasi

E = Emigrasi

Apabila populasi serangga pada suatu jenis tanaman yang menjadi inangnya belum menimbulkan kerugian atau kehilangan hasil yang berarti, populasi serangga itu masih rendah dan belum diperlukan tindakan pengendalian.

2. Economic Injury Level

Populasi serangga hama apakah sudah merugikan tanaman secara ekonomi atau belum didasarkan pada hubungan antara populasi hama dengan besar kerusakan yang ditimbulkan dan kerugian ekonomi yang terjadi akibat kerusakan tersebut. Secara umum pada ekosistem pertanian, populasi serangga hama yang menyebabkan 5% kehilangan hasil pada setiap tanaman dan perlu diwaspadai untuk dilakukan tindakan pengendalian.

Economic injury level (aras kerusakan ekonomi) adalah tingkat kepadatan populasi hama yang sudah menimbulkan kerugian ekonomi. Besarnya diukur berdasarkan biaya pengendalian

dibandingkan dengan potensi hasil yang akan diselamatkan bila tindakan pengendalian tersebut dilakukan. Tingkat kepadatan populasi hama dikatakan sudah mencapai aras luka ekonomi kalau biaya pengendalian minimal sama besar dengan potensi hasil yang dapat diselamatkan (tercapai titik impas). Idealnya tindakan pengendalian secara kimiawi dilakukan pada saat atau aras menjelang tercapainya aras luka ekonomi dengan maksud agar populasi serangga hama tidak mencapai *aras tersebut*. Kondisi tersebut sebagai *economic threshold* (ambang ekonomi).

3. Economic Threshold

Economic threshold (ambang ekonomi) merupakan dasar ukuran perlu tidaknya dilakukan pengendalian dengan pestisida. Satuan ambang ekonomi dan tingkat kerusakan ekonomi dapat berupa populasi hama (imago, telur atau larva/nimfa) pembagian tanaman (ranting, bating, dan sebagainya), tanaman atau perumpun. Namun untuk beberapa hama tertentu satuan ambang ekonomi dan kerusakan ekonomi dapat berupa tingkat kerusakan (intensitas kerusakan).tanaman. Nilai ambang ekonomi dan aras kerusakan ekonomi dapat berubah tergantung waktu, tempat, jenis tanaman, fase pertumbuhan tanaman, tingkat harga jual hasil panen saat itu dan penilaian seseorang terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga hama.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan nilai ambang ekonomi dan aras kerusakan ekonomi sebagai berikut:

EKOLOGI SERANGGA & DINAMIKA POPULASI

- Hubungan antara besar kerusakan pada tanaman dengan berbagai tingkat kepadatan populasi hama.
- Biaya pengendalian untuk berbagai tingkat kerusakan fisik.
- Besar kerusakan fisik yang dapat diselamatkan atau dihindari dengan dilaksanakannya pengendalian
- Harga bagian tanaman yang dapat diselamatkan
- Total Biaya pengendalian

Nilai ambang ekonomi pada beberapa jenis tanaman perlu diketahui sebagai ukuran perlu tidaknya dilakukan pengendalian secara kimiawi. Pada kebanyakan tanaman nilai ambang ekonomi berada di atas *equilibrium position*. Namun pada tanaman hortikultura nilai ambang ekonomi berada di bawah *equilibrium position*. Hal itu dapat dipahami karena produk hortikultura dituntut yang mulus, tidak ada cacat sedikitpun. Sebagai contoh pisang yang kulitnya memperlihatkan adanya serangan ulat, *Nocalia* sp., nilai jualnya lebih rendah. Demikian pula buah belimbing yang memperlihatkan serangan lalat buah *Dacus* sp., nilai ekonomisnya rendah. Serangga yang menjadi vektor penyakit pada manusia, mempunyai ambang ekonomi yang rendah. Selanjutnya aplikasi konsep ambang ekonomi sangat tergantung pada ekologi hama di dalam agroekosistem nilainya bersifat dinamis, sehingga bervariasi tergantung banyak faktor seperti biaya pengendalian, harga komoditas tanaman, pertumbuhan tanaman, populasi serangga

hama dan lain sebagainya. Oleh karena itu untuk tujuan penelitian ambang ekonomi tersebut disebut juga ambang pengendalian.



**FAKTOR YANG MEMENGARUHI
DINAMIKA POPULASI**

Potensi Biotik (Internal)

Kemampuan serangga untuk memperbanyak diri didukung oleh beberapa faktor dalam atau daya yang tersimpan/dimiliki oleh serangga. Daya ini dinamakan daya biotik (*biotic potential*), yaitu kemampuan serangga untuk memperbanyak diri. Lebih lanjut daya biotik serangga dibedakan menjadi:

(1) Daya reproduksi

(2) Daya survival

Daya survival meliputi :

(a) Daya persepsi

(b) Daya dispersi

(c) Daya kompensasi dan adaptasi

1. Daya reproduksi

Daya reproduksi adalah kemampuan serangga untuk berkembang biak waktu tertentu dalam kondisi lingkungan yang optimum. Faktor-faktor menentukan besarnya daya reproduksi pada serangga adalah:

a. Keperidian (*fecundity*)

Keperidian adalah kemampuan individu (betina) untuk sel jumlah telur. Umumnya keperidian serangga relatif tinggi. Sebagai

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

contoh untuk menggambarkan keperidian yang tinggi dari serangga dapat dilihat berikut.

Tabel 2.1 Keperidian beberapa jenis serangga

Jenis	Maksimum (ekor)	Minimum (ekor)	Rata-rata (ekor)
<i>Thyridopteix ephemeraeformis</i>	1649	465	941
<i>Malacosoma americanum</i>	466	313	376
<i>Chionaspis furfura</i>	84	33	67
<i>Pissodes strobi</i>	-	-	115
<i>Choristoneura fumiferana</i>	-	-	316
<i>Malacosoma distria</i>	-	-	300
<i>Hemeracompa leucostigma</i>	467	174	232
<i>Helopeltis antonii</i>	234	-	80
<i>Rhyzoperth dominica</i>	580	300	-
<i>Sitophilus graminus</i>	250	50	-
<i>Xysreocera festiva</i>	500	45	200
<i>Bombyx mori</i>	-	-	450

Sumber: Graham dan Knight (1967)

Erat hubungannya dengan keperidian adalah poliembrioni, yaitu suatu jenis serangga yang mempunyai kemampuan berbiak yang sangat besar, karena dari satu butir telur yang dibuahi dapat dihasilkan beberapa hingga 100 larva. Peristiwa poliembrioni sering terjadi pada beberapa anggota dan ordo Hymenoptera yang parasitis, seperti misalnya pada famili Braconidae. Walaupun secara relatif serangga tersebut hanya menghasilkan beberapa butir telur, tetapi mempunyai fertilitas yang tinggi.

b. Siklus hidup

Lamanya satu generasi keturunan dapat menyelesaikan perkembangan hidup disebut siklus hidup. Beberapa jenis serangga mempunyai siklus hidup yang panjang, misalnya pada jenis dari famili Cerambycidae, *Monohamus confusor* selama satu tahun. Jenis yang lain misalnya lalat *Drosophila* ada yang hanya 2 minggu, hingga di dalam 1 tahun terdapat 10-20 generasi.

Pada umumnya siklus hidup jenis serangga hanya pendek saja, yaitu ± 1 bulan (4 minggu). Hal demikian menyebabkan adanya daya biotik/daya reproduksi yang tinggi pada jenis-jenis serangga hama. Contoh klasik yaitu pada ulat sutera *Bombyx mori* L. yang mempunyai stadia hidup telur 10-12 hari, Apabila suhu tinggi dapat menyebabkan telur menjadi tidak aktif, maka telur dapat menetas setelah 4-10 bulan, bila suhu normal telur akan menetas setelah 9-12 hari (Mujiono, 2000). Larva 21-23 hari, pupa 10-12 hari dan dewasa (imago) 4-5 hari. Dengan demikian siklus hidup *B. mori* adalah antara 40- 45 hari. Cicada untuk menyempurnakan siklus hidupnya memerlukan waktu belasan tahun (± 17 tahun) (Coulson & Jhon, 1984). Dengan siklus yang pendek dan keperidian yang tinggi memungkinkan jenis serangga tersebut menghasilkan keturunan pada periode waktu tertentu yang amat besar jumlahnya.

c. Nisbah kelamin

Nisbah kelamin adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara jenis yang jantan dan betina dalam suatu populasi. Nilai perbandingan ini ditentukan antara lain oleh cara berbiaknya. Cara berbiak seksual merupakan tipe yang paling umum dijumpai pada jenis serangga, walaupun pada jenis tertentu dapat terjadi pembiakan aseksual atau parthenogenesis (tanpa kawin). Cara parthenogenesis ini banyak terjadi pada jenis ordo Hymenoptera parasitik.

Nisbah kelamin pada serangga seksual umumnya 1:1, dan pada beberapa jenis serangga nisbah kelaminnya dapat mencapai 1:3. Apabila makanannya cukup banyak, daya reproduksi jenis betina makin tinggi, lebih-lebih pada jenis serangga yang parthenogenesis mempunyai kecenderungan memproduksi keturunan betina. Oleh karena itu dalam hal ini digunakan istilah *sex factor*, yaitu perbandingan jumlah individu betina terhadap seluruh jumlah individu dalam populasi. Daya reproduksi ini maksimum untuk *sex factor* sama dengan satu (Graham & Knight, 1967).

Angka *sex factor* ini di dalam kondisi yang ideal praktis tetap untuk setiap jenis serangga, sehingga merupakan suatu konstanta. Jika konstanta ini dapat diketahui dan angka keperidiannya dapat dihitung, maka daya biotik/daya reproduksinya dapat ditentukan. Dalam keadaan yang sebenarnya biasanya sulit untuk dapat menghitung angka keperidiannya, sebab belum tentu semua telur

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

yang diproduksi oleh induknya menetas. Untuk mendekati kepada kondisi yang ideal dapat dilakukan pemeliharaan laboratorium serangga-serangga tersebut dan stadium telur sampai stadium dewasa. Telur-telur yang diproduksi oleh serangga betina yang menetas dapat ditentukan angka rata-ratanya untuk dipakai sebagai angka keperidian serangga tersebut yang sebenarnya (dalam kondisi laboratoris yang ideal).

Peranan nisbah kelamin maupun *sex factor* terhadap daya biotik/daya reproduksi serangga dapat digambarkan secara hipotesis sebagai berikut.

Tabel 2.2 Jumlah keturunan secara hipotesis yang diproduksi selama 5 generasi oleh jenis serangga dengan keperidian 100 butir telur

Generasi Jenis	Induk Initial parent	Generasi ke				
		I	II	III	IV	V
Jenis A*)	1	50	2500	125000	6,25 10 ⁶	312,5
Jantan						10 ⁶
Betina	1	50	2500	125000	6,25 10 ⁶	312,5
						10 ⁶
Jumlah	2	100	5000	250000	12,5 10⁶	625 10⁶
Jenis B**)	0	0	0	0	0	0
Jantan						
Betina	2	200	20000	2.10 ⁶	2 10 ⁸	2 10 ¹⁰
Jumlah	2	200	20000	2.10⁶	2 10⁸	2 10¹⁰

Keterangan:

*) serangga seksual dengan nisbah kelamin 1:1

***) serangga aseksual (parthenogenesis murni) dengan *sex-factor* 1:1 (Graham & Knight, 1967)

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Perhitungan jumlah progeni/ jumlah keturunan berdasarkan rumus yang ditemukan oleh Thompson *et al.* (1998), yaitu:

$$\text{Jumlah progeni} = P \times Z^n$$

Dimana:

P = populasi awal, Z = keperidian x *sex factor* dan generasi yang dihitung (n)

Contoh penggunaan rumus tersebut adalah: Apabila diketahui populasi awal 250 ekor, keperidian 100 butir, *sex factor* = 1: 2, maka jumlah progeni pada generasi ke 5 adalah $250 \times (100 \times 0,5)^5 = 7,8. 10^{10}$ ekor (pembulatan). Beberapa serangga berkembang biak secara poliembrioni, yaitu dari satu telur dihasilkan lebih dari satu individu. Apabila jumlah yang dihasilkan dari satu telur adalah y, maka jumlah progeni dari 1 individu = $(z \times y)^n$, sehingga jumlah progeni dari p individu $p \times (z \times y)^n$.

Umumnya serangga parasit, sebagai musuh alami hama, berkembang biak secara poliembrioni, contohnya anggota ordo Hymenoptera yang parasitis. Pada kenyataannya daya reproduksi yang tinggi seperti pada perhitungan di atas tidak pernah dijumpai di alam karena banyak faktor yang mempengaruhi atau menghambat perkembangan populasi serangga. Namun setidaknya terdapat gambaran terjadinya peningkatan populasi yang cepat dan serangga hama dalam suatu periode tertentu.

2. Daya Survival

Daya survival adalah kemampuan serangga untuk bertahan hidup dalam lingkungannya, dan dipengaruhi oleh:

a. Daya persepsi dan mobilitas

Daya persepsi adalah kemampuan serangga untuk menerima rangsangan dari luar dan memberikan respon terhadap rangsangan tersebut. Hal ini menyangkut berbagai hal, misalnya kemampuan untuk mendapatkan makanan, keperluan kawin, meletakkan telur, menghindari diri dari berbagai musuhnya.

Daya persepsi berhubungan dengan kemampuan indera yang dimiliki oleh serangga, antara lain adalah:

- (a) Indera penglihatan. Serangga mempunyai mata faset (mata majemuk) dan mata tunggal (*ocellus*). Mata faset mempunyai ukuran yang lebih besar dari mata tunggal. Mata faset ini mampu menerima sinar yang sudut datangnya $>180^{\circ}$, mampu menerima sinar/cahaya yang mempunyai panjang gelombang pendek, antara 2500 - 7000 nm, sehingga serangga dapat melihat gelombang cahaya yang jauh lebih pendek daripada yang dapat dilihat manusia.
- (b) Indera pendengar. Alat pendengar yang dimiliki oleh serangga antara lain, misalnya pada belalang kayu adalah tympanum yang terletak pada abdomen ruas pertama di atas pangkal femur. Sebagian serangga mampu menerima getaran suara atau getaran gelombang pendek radio, misalnya ngengat ulat

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

tentara (*Spodoptera litura*) dan *Laphigma exempta* yang terbang malam hari mampu mendeteksi gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh kelelawar. Oleh karena itu ngengat tersebut dapat mengetahui akan datangnya serangan, sehingga ia mampu menghindar dari sergapan kelelawar.

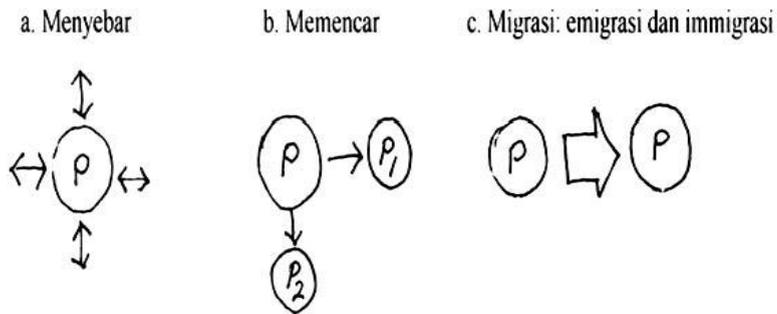
- (c) Indera pencium / pembau. Kebanyakan terdapat pada bagian kepala pada antenna.
- (d) Indera pengecap. Alat ini terdapat pada alat mulut, yaitu palpus. Adapula yang terdapat di daerah kaki yaitu pada tarsi, sehingga begitu mendarat dan terbang, tempat berpijak tersebut segera diketahui dapat dimakan atau tidak. Indera pengecap ovipositor dapat digunakan untuk mengetahui tempat yang cocok untuk bertelur.
- (e) Indera peraba. Alat ini terletak tersebar di seluruh bagian tubuh, baik berupa duri-durri halus ataupun kasar, yang mampu mendeteksi getaran-getaran mekanis, misalnya angin. Mobilitas serangga dapat aktif maupun pasif, yang tergantung pada organ tubuh yang dimilikinya. Belalang kayu dan kecoa misalnya dilengkapi dengan alat gerak seperti sayap, kaki untuk berjalan atau kaki untuk melompat. Gerakan serangga dapat aktif maupun pasif. Serangga kecil seperti kutu tanaman bergerak pasif, untuk berpindah perlu bantuan angin atau perpindahan benda-benda lain, atau dipindahkan oleh serangga lain.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Sedangkan serangga-serangga yang bersayap (dapat terbang) memiliki mobilitas lebih tinggi.

b. Daya dispersi

Daya dispersi adalah daya untuk menjauhi tempat asalnya ketika lingkungan menjadi tidak cocok untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Hal ini dapat terjadi karena jumlah individu dalam populasi sudah sangat rapat atau karena jumlah h makanannya berkurang. Ada 3 (tiga) pola dispersi, yaitu menyebar, memencar (dispersal), dan migrasi (Gambar 2). Dispersi dapat berlangsung dalam jumlah yang besar atau secara massal dan disebut migrasi. *Locusta sp.* (belalang) mampu bermigrasi sejauh ratusan kilometer.



Gambar 2.1 Dispersi populasi (P) serangga secara menyebar, memencar atau migrasi

c. Daya kompensasi dan daya adaptasi

Daya kompensasi adalah suatu daya yang dimiliki oleh serangga untuk mengimbangi berbagai kelemahan dan daya-daya

yang lain. Hal ini karena kemampuan / daya kompensasi yang dimiliki oleh serangga berbeda, ada yang lemah dan ada yang kuat. Sedangkan daya adaptasi adalah kemampuan serangga untuk menyesuaikan diri apabila mengalami keadaan lingkungan yang tidak cocok.

Resistensi Lingkungan (*Environmental resistance = Er*)

Resistensi lingkungan adalah keadaan/ kondisi lingkungan yang menghambat aktivitas hidup maupun pertumbuhan populasi serangga hama, atau dapat dikatakan *er* adalah semua komponen atau faktor lingkungan, baik secara tunggal atau bersama-sama bekerja menghambat pertumbuhan populasi. *Er* untuk tiap-tiap serangga berbeda-beda, dan komponen *er* ini dipengaruhi oleh:

- (1) Faktor fisis
- (2) Faktor makanan
- (3) Faktor hayati (biotis)
- (4) Manusia

1. Faktor fisis

Faktor-faktor fisis antara lain meliputi suhu, cahaya / matahari, kelembaban udara, angin, cuaca / iklim (curah hujan) dan lainnya.

(a) Suhu

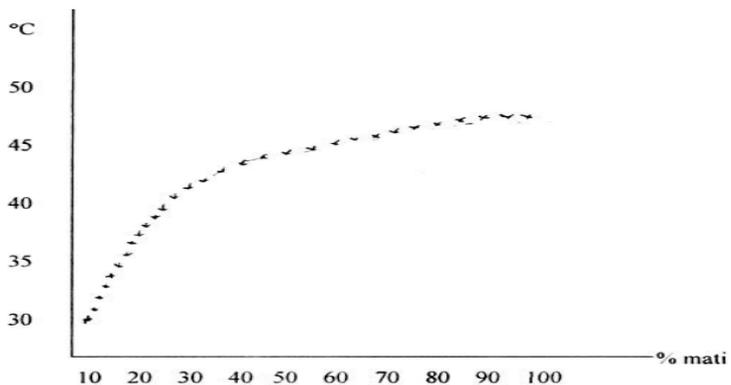
Suhu merupakan faktor lingkungan yang menentukan/mengatur aktivitas hidup serangga. Pengaruh ini jelas terlihat pada proses fisiologi serangga, yaitu bertindak sebagai faktor pembatas kemampuan hidup serangga. Pada suatu suhu tertentu aktivitas hidup serangga tinggi (sangat aktif), sedangkan pada suhu yang lain aktivitas serangga rendah (kurang aktif). Oleh karena itu terdapat zone-zone/ daerah suhu yang membatasi aktivitas kehidupan serangga. Zone-zone tersebut (untuk daerah tropis) adalah:

- (1) Zone batas fatal atas, pada suhu tersebut serangga telah mengalami kematian, yaitu pada suhu $> 48^{\circ}\text{C}$.
- (2) Zone dorman atas, pada suhu ini aktivitas (organ tubuh eksternal) serangga tidak efektif, yaitu pada suhu $38 - 45^{\circ}\text{C}$.
- (3) Zone efektifitas, pada suhu ini aktivitas serangga efektif pada suhu $29 - 38^{\circ}\text{C}$.
- (4) Zone optimum, pada suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$, aktivitas serangga adalah paling tinggi.
- (5) Zone efektif bawah, pada suhu ini aktivitas (organ internal dan eksternal) serangga efektif, yaitu pada suhu $27 - 15^{\circ}\text{C}$.
- (6) Zone dorman bawah, pada suhu ini tidak ada aktivitas eksternal, yaitu pada suhu 15°C .

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

- (7) Zone fatal bawah, pada suhu ini serangga telah mengalami kematian ($\pm 4^{\circ}\text{C}$).

Pada zone yang mendekati dengan batas-batas suhu tertinggi atau terendah merupakan daerah suhu yang menyebabkan serangga-serangga tersebut tidak aktif dan semua gerakan eksterna terhenti. Tidak aktif pada daerah suhu rendah disebut hibernasi, sedangkan tidak aktif pada daerah suhu tinggi disebut estivasi. Di antara zone hibernasi dan estivasi terletak daerah suhu dengan aktivitas penuh dan disebut daerah suhu efektif. Makin naik dari daerah hibernasi serangga tersebut akan makin tinggi vitalitas hidupnya sampai pada titik optimum dan di atas titik optimum itu kondisinya akan semakin menurun kembali sampai akhirnya aktivitas hidupnya (organ eksternal) berhenti sama sekali jika telah sampai pada zone estivasi.



Gambar 2.2 Pengaruh suhu tinggi terhadap mortalitas kumbang bersayap keras pada Kumbang Kulit kayu (*Pityokteines sparsus*) (Coleoptera: Scolytidae) (Graham & Knight, 1967).

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Pada umumnya jenis serangga aktif pada suhu sedikit di atas 15°C, tetapi beberapa jenis dapat hidup aktif sedikit di atas titik beku air. Suhu optimum pada kebanyakan serangga adalah di sedir 28°C dan estivasi biasanya dimulai dan suhu 38°C - 45°C. Untuk kebanyakan serangga titik suhu 48°C merupakan titik kematian total (fatal point) pada daerah suhu tinggi, meskipun ada di antaranya dapat bertahan hidup sampai 52°C untuk beberapa saat misalnya kumbang *Chrysothryx* sp. Suhu fatal rendah didapati variasi antara jenis serangga yang ada, demikian pula pengaruh musim menyebabkan adanya variasi tersebut. Bagi daerah tropis seperti di Indonesia suhu rendah ini tidak begitu penting karena suhu rata-ratanya untuk sepanjang tahun jauh di atas 0°C. Suhu selain membatasi penyebaran geografis dan topografis dan jenis serangga juga mempengaruhi kecepatan perkembangan hidupnya. Pada umumnya kecepatan perkembangannya naik sebanding dengan kenaikan suhu, sampai akhirnya dicapai titik yang optimum.

(b) Cahaya

Reaksi serangga terhadap cahaya tidak begitu berbeda dengan reaksinya terhadap suhu. Sering sukar untuk menentukan apakah pengaruh yang terjadi terhadap serangga itu disebabkan oleh faktor cahaya atautkah faktor suhu, karena kedua faktor tersebut biasanya sangat erat berhubungan dan bekerja secara sinkron.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Secara teoritis memang dimungkinkan untuk membagi daerah pencahayaan seperti halnya pada suhu, yaitu daerah cahaya optimum, efektif dan lethal (kematian). Karena sebegitu jauh diketahui bahwa beberapa jenis serangga menanggapi faktor cahaya ini secara positif ataupun sebaliknya negatif, maka dapat diduga bahwa titik "optimum" masing-masing jenis sangat besar variasinya.

Beberapa kegiatan serangga dipengaruhi oleh responnya terhadap cahaya, sehingga timbul sejenis serangga yang aktif pada pagi, siang, sore dan malam hari. Cahaya matahari ini mempengaruhi aktivitas dari distribusi lokalnya. Ditemui serangga-serangga yang aktif pada saat ada cahaya matahari, sebaliknya ditemui serangga-serangga yang aktivitasnya terjadi pada keadaan gelap.

Pengaruh merangsang dari cahaya terhadap serangga digambarkan oleh Graham & Knight (1967) dengan contoh reaksi *Chrysobothrys* dewasa. Kumbang ini tetap tinggal inaktif pada hari-hari yang mendung (penuh awan) walaupun suhunya pada waktu itu sangat tinggi, bahkan lebih tinggi daripada suhu pada hari-hari cerah pada suhu kumbang tersebut aktif. Menurut Carpenter (1909) dalam Hasibuan 2020, *Drosophila* mengalami kejang otot yang biasanya terjadi pada suhu 390°C, karena terpengaruh cahaya kuat 480 *candle*.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Meskipun jenis serangga tertentu tidak tahan juga terhadap cahaya kuat, tetapi kemungkinannya jarang terjadi bahwa cahaya di alam berpengaruh sampai pada batas toleransi jenis serangga pada umumnya. Tetapi suatu kenyataan dapat dilihat bahwa ada tidaknya cahaya sedikit banyak mempengaruhi penyebaran lokal dan jenis-jenis serangga tersebut. Bahwa cahaya berpengaruh terhadap serangga yang akan bertelur, dikemukakan oleh Chapman (1939) dengan contoh penggerek *Agrilus bilineatus* yang lebih senang meletakkan telurnya pada bagian batang pohon yang terkena cahaya matahari penuh. Jenis ulat tanah (*Agrotis* sp.), jangkrik (*Gryllus bimaculatus*), gangsir (*Brachytrypes pesportentosus*) dan sebagainya, menyerang tanaman dan aktif pada malam hari, begitu pula jenis-jenis siput. Hama *Helopeltis* menyukai keadaan terang yaitu siang hari, sedangkan hama-hama gudang menyukai keadaan gelap. Respon serangga terhadap cahaya dapat bersifat positif atau negatif, yang ditunjukkan oleh jenis-jenis serangga nocturnal (aktif pada malam hari). Serangga berespon positif apabila mendatangi sumber cahaya, sedangkan serangga berespon negatif apabila tidak terpengaruh oleh adanya cahaya. Pengetahuan tentang respon serangga terhadap cahaya dapat dipergunakan antara lain untuk:

- (1) **Pengamatan serangga hama (monitoring).** Pengamatan serangga hama dengan menggunakan lampu perangkap atau dengan suatu alat tertentu yang mempunyai warna

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

dengan panjang gelombang tertentu. Misalnya serangga *Aphis* sp menyukai warna kuning.

(2) **Pengendalian/ pemberantasan serangga hama.**

Penggunaan obor/api atau perangkap cahaya (*light trap*) dapat untuk mengurangi kepadatan populasi hama wereng, walang sangit dan serangga hama lain yang tertarik cahaya.

Dari uraian tersebut di atas dapat dilihat bahwa memang sulit untuk memisahkan perbedaan pengaruh cahaya dari suhu, walaupun demikian jelas bahwa faktor cahaya penting perannya di dalam kehidupan serangga.

(c) **Kelembaban**

Sebagai halnya organisme yang lain, maka penyebaran dan perkembangan hidup serangga sangat tergantung oleh adanya air di dalam lingkungan hidupnya. Efektivitas dari suhu di dalam merangsang kecepatan perkembangan hidup serangga juga dipengaruhi oleh kelembaban yang ada. Dalam keadaan lembab yang serasi serangga tersebut tidak begitu peka terhadap pengaruh suhu yang ekstrim.

Di dalam hal kelembaban inipun didapati kelembaban optimum ataupun daerah kelembaban yang efektif. Daerah lembab yang ekstrim yang menyebabkan kematian tidak begitu jelas dapat ditandai seperti halnya suhu. Dalam keadaan normal peningkatan atau pengurangan kelembaban tidak mengakibatkan matinya serangga dengan cepat, tetapi hanya

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

berpengaruh terhadap aktivitasnya. Walaupun demikian ada pula jenis serangga tertentu yang menyimpang dari ketentuan tersebut di atas, karena aktivitasnya sangat dibatasi oleh faktor kelembaban. Ada jenis-jenis yang hanya dapat hidup pada kayu yang basah atau lembab (famili *Scolytidae*, *Cerambycidae* dan *Platypodidae*) dan ada jenis serangga yang dapat hidup pada kayu yang sudah kering (famili *Lyctidae*, *Bostrychidae*, *Anobiidae*) dan rayap kayu kering (famili *Kalotermitidae*).

Tubuh serangga mengandung 80 — 90% air, dan harus dijaga agar tidak mengalami banyak kehilangan air yang dapat mengganggu proses fisiologinya. Ketahanan serangga terhadap kelembaban bervariasi. Ada serangga yang mampu hidup dalam suasana kering tetapi adapula yang hidupnya di dalam air. Biasanya serangga tidak tahan mengalami kehilangan air yang terlalu banyak, namun ada beberapa serangga yang mempunyai ketahanan karena dilengkapi dengan berbagai alat pelindung untuk mencegah kehilangan air tersebut, misalnya kutikula yang dilapisi lilin.

Serangga darat (*terrestrial insect*), khususnya serangga fitofagus akan mendapatkan air dari makanannya. Serangga yang hidup pada bahan-bahan sangat kering seperti hama-hama gudang, akan mendapatkan air dan proses metabolismenya, contohnya bubuk kayu dan famili *Lyctidae*, *Bostrychidae*, *Anobiidae* dan *Kalotermitidae*.

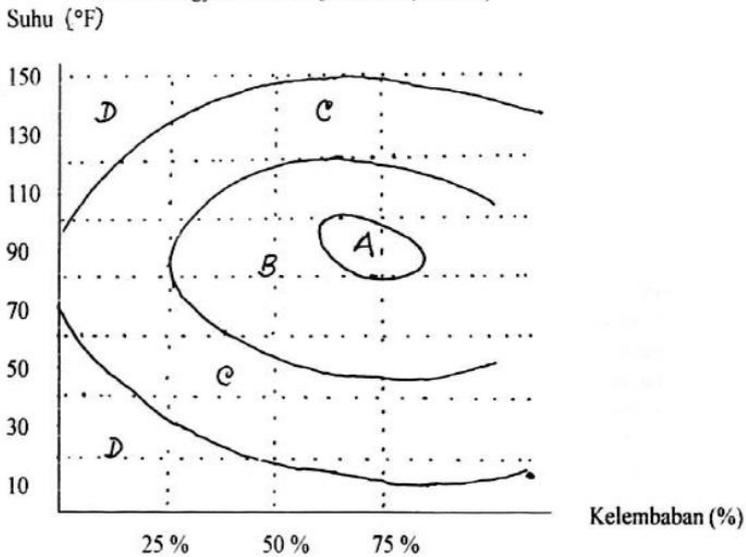
FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Adanya curah hujan akan menambah kelembaban dan mempengaruhi vegetasi tanaman yang dibudidayakan. Hal ini mendorong keadaan yang cocok untuk perkembangan serangga hama, karena ketersediaan makanan yang cukup. Tidak semua jenis serangga mengalami perkembangan pada musim hujan, dan sebaliknya serangga-serangga tertentu pada musim hujan mengalami kematian. Serangga-serangga yang berkembang biak pada musim kemarau, misalnya jenis kutu tanaman (ordo Homoptera) karena pengaruh hujan yang berupa butiran-butiran air merupakan tenaga mekanis dapat mematikan serangga ini. Pada bulan-bulan kering dalam musim hujan atau bulan-bulan basah pada musim kemarau, ulat tanah (ulat grayak ulat tentara atau *army worm (Spodoptera litura)*) menyerang secara mendadak dan dapat menyebabkan kerusakan berat dalam waktu yang singkat, terutama pada tanaman pertanian pangan.

Dalam tahun basah yang sebelumnya didahului tahun kering yang panjang, hama tikus sawah, *Artona catoxanta* (hama daun tua pohon kelapa) akan mengadakan serangan. Pada musim hujan *Stephanoderes hampei* (hama bubuk buah kopi) dapat berkembang biak dengan baik dan menggerek buah kopi yang sudah tua. Hama itu dapat berkembang dengan baik karena keadaan yang lembab. Begitu pula *Xyleborus* sp. menggerek cabang/ ranting tanaman kopi, jati dan lain-lain.

(d) Hubungan antara suhu dan kelembaban

Hubungan antara kedua faktor ini dapat dijelaskan dengan contoh grafik sebagai berikut.



Gambar 2.3 Pengaruh gabungan antara suhu dan kelembaban udara relative terhadap aktifitas kumbang pengerek buah kapas (*Cotton ball weevil*) (Bereau of Entomology and Plant Quarantine USDA)
(Graham dan Knight, 1967)

Keterangan:

- (1) Daerah A merupakan daerah efektif. Pada daerah ini serangga dapat berkembang dengan sebaik-baiknya.
- (2) Daerah B adalah daerah batas antara serangga masih mampu berkembang dengan baik, walaupun kurang jika dibandingkan dengan daerah efektif A.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

- (3) Daerah C merupakan daerah yang sudah menyebabkan serangga mengalami hambatan perkembangannya oleh karena pengaruh suhu dan kelembaban atau bahkan menyebabkan keadaan yang tidak aktif.
- (4) Daerah D menyebabkan keadaan tidak aktif serangga tersebut mendekati kematian sampai kematian yang mutlak atau fatal.

Grafik tersebut di atas dapat menggambarkan secara umum tentang pengaruh kedua faktor suhu dan kelembaban udara relatif terhadap kehidupan serangga. Walaupun suhu memungkinkan jenis serangga tersebut dapat berkembang dengan baik, tetapi kalau kelembabannya tidak memenuhi persyaratan hidupnya, maka jenis serangga tersebut akan mati atau mengalami hambatan di dalam perkembangannya. Sebaliknya jika kelembaban serasi tetapi suhunya terletak di luar batas suhu efektif maka perkembangan hidupnya akan terhambat pula. Pengertian ini penting dalam praktek, agar cara melaksanakan pengendaliannya dapat diterapkan sebaik-baiknya dan dicapai hasil yang efisien.

Telah dikemukakan bahwa suhu di Indonesia secara geografis tidak begitu besar variasinya dan amplitudonya kecil, sehingga faktor suhu tidak begitu menentukan. Faktor topografi mempunyai hubungan yang erat dengan suhu, hingga banyak dijumpai jenis serangga hama yang bersifat lokal. Jika faktor

topografi tidak menyebabkan lokalisasi penyebaran serangga hama, maka biasanya intensitas serangannya tidak sama. Faktor kelembaban di daerah tropis berhubungan erat dengan adanya musim hujan dan kemarau, walaupun sebenarnya berpengaruh pula terhadap suhu. Di Indonesia dijumpai hama yang berkembang pada musim kemarau, sedang pada musim hujan populasinya sangat menurun atau sebaliknya. Sebagai contoh hama belalang kayu (*Valanga nigricornis*) bertelur pada akhir musim hujan atau awal musim kemarau, kemudian menetas dan berkembang menjadi dewasa pada musim hujan. Sebelum musim hujan berakhir, belalang betina dewasa bertelur lagi di dalam tanah dan telur tersebut akan tetap dorman (*diapause*) selama musim kemarau. Dengan demikian dijumpai adanya hama belalang kayu pada musim hujan sampai permulaan musim kemarau. Hama *Xyleborus destruens* menyerang pohon Jati yang tumbuh di daerah-daerah yang selalu basah (curah hujan > 2000 mm) misalnya di Jawa Barat dan Jawa Tengah bagian Barat atau di daerah-daerah dengan ketinggian di atas 500 m dari permukaan laut.

(e) Angin

Angin akan membantu penyebaran serangga, terutama serangga yang berukuran kecil. Secara tidak langsung angin juga mempengaruhi kandungan air dalam tubuh serangga, karena angin mempercepat penguapan dan penyebaran udara.

(f) Cuaca/ iklim

Di dalam memperhatikan pengaruh dan suhu, cahaya atau kelembaban terhadap kehidupan jenis serangga yang berada di dalam hutan, tidak boleh dilupakan bahwa kenyataannya ketiga faktor tersebut bekerjasama saling mempengaruhi. Bahkan faktor iklim yang lain, misalnya panas dan sirkulasi udara ikut berperan di dalamnya. Pengaruh-pengaruh itu bersama-sama disebut pengaruh cuaca atau iklim. Cuaca merupakan kerjasama dan semua faktor fisis yang terdapat di lingkungan hidup suatu organisme pada sesuatu saat, sedang iklim pada jangka waktu yang relatif panjang. Kalau cuaca berubah dan suatu waktu ke waktu yang lain, sedang iklim menunjukkan sifat-sifat yang tetap untuk suatu daerah.

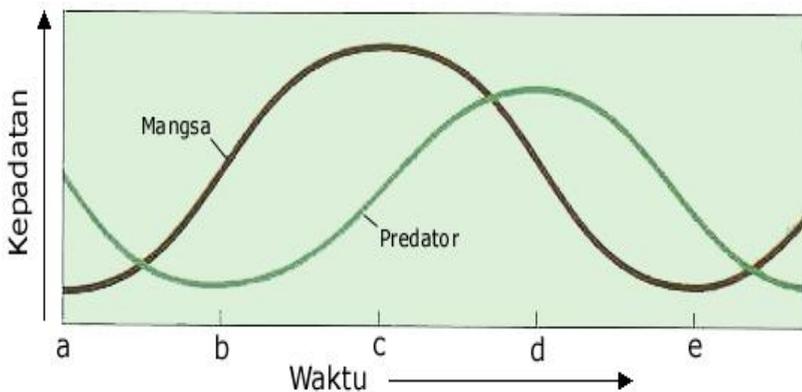
Faktor iklim/ cuaca ini akan mempengaruhi secara langsung ataupun tidak langsung terhadap perkembangan hidup dan suatu jenis serangga. Misalnya gaya mekanis/ kinetis dan hujan yang deras dapat mengurangi larva yang sedang saatnya tumbuh dan berkembang, dengan demikian akan mengurangi kemungkinan timbulnya epidemi pada waktu yang akan datang. Cuaca panas dan lembab memungkinkan meningkatnya populasi organisme pemakan serangga (entomofagus), seperti misalnya bakteri-bakteri penyebab penyakit atau protozoa. Sedangkan di sisi lain cuaca yang kering dapat mengurangi pertumbuhan vegetatif dan tanaman yang menjadi makanannya serangga, sehingga dengan

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

populasi yang tidak tinggipun dapat menyebabkan kerusakan yang besar. Pada kebanyakan serangga perusak daun populasinya akan meningkat apabila suhu meningkat dengan jumlah hujan yang sedang.

2. Faktor Makanan

Makanan merupakan sumber gizi yang digunakan oleh serangga untuk mendukung kehidupan dan perkembangannya. Kehidupan dan perkembangan serangga sangat dipengaruhi oleh kualitas makanan dan jumlah makanan yang tersedia.



Gambar 2.4 Keseimbangan populasi predator-mangsa (<https://pt.slideshare.net/sirodjudin908/komunitas-42036914>)

(a) Kualitas makanan

Jumlah individu serangga serta panjang pendeknya periode perkembangan hidupnya juga mengadakan penyesuaian dengan macam dan kualitas makanan yang dibutuhkan. Di alam serangga

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

pemakan daun pada umumnya akan terbatas perkembangan hidupnya oleh adanya daun, sehingga pada waktu tanaman inangnya meranggas populasi serangga tersebut akan rendah atau menghilang. Di negara yang beriklim sedang (*temperate zone*) perkembangan hama akan dibatasi oleh adanya musim dingin, karena semua tanaman boleh dikatakan tidak berdaun. Di Indonesia keadaan semacam ini tidak dijumpai dan pada umumnya pertumbuhan terus menerus berdaun, kecuali beberapa jenis pohon yang meranggas pada musim kemarau, misalnya tegakan jati.

Lain halnya dengan serangga penggerek kayu yang makanannya berupa bahan yang keadaannya tidak banyak berubah. Kebanyakan serangga penggerek kayu, misalnya anggota-anggota dari famili Cerambycidae dan Buprestidae stadium larva yang masih muda akan memakan jaringan-jaringan floem, yang substansinya masih mudah dicerna. Semakin stadium larva tersebut menjadi tua, penggerekannya makin masuk ke dalam jaringan kayu yang lebih keras.

Penjelasan-penjelasan tersebut di atas dapat diketahui bahwa jenis-jenis serangga yang ada tidak membutuhkan makanan yang sama kualitasnya. Ada yang mengkonsumsi daun, ada yang mengkonsumsi jaringan floem dan ada yang mengkonsumsi jaringan kayu (gubal atau teras) yang sudah mengeras. Variasi kebutuhan jenis pakan ini dapat terjadi pada jenis yang berbeda, pada stadium/

periode perkembangan yang berbeda dalam satu jenis, maupun pada umur yang berbeda.

(b) Kuantitas makanan

Menjadi suatu keharusan bahwa suatu organisme (dalam hal ini serangga) dapat berkembang biak karena adanya persediaan makanan. Jenis serangga hama akan makin banyak variasinya apabila makin banyak tersedia jenis-jenis tanaman inang yang dapat dipakai untuk menjadi makanannya. Tegakan hutan yang murni merupakan gudang makanan yang berlimpah untuk hama tegakan yang bersangkutan.

Sebelum adanya penanaman besar-besaran tegakan murni *Paraserianthes falcataria* (sengon laut), tampaknya hama penggerek batang/kumbang Boktor (*Xystrocera festiva*) bukan menjadi masalah yang serius, tetapi setelah tegakan murni secara luas dibuat maka populasi hama penggerek tersebut menjadi eksplosif. Hal ini disebabkan oleh adanya persediaan makanan yang tidak terbatas jumlahnya, sehingga persyaratan hidup akan makan bagi penggerek tersebut tercukupi dengan baik. Dengan demikian ditinjau dari segi atau faktor kebutuhan makan, tegakan murni kurang baik. Contoh lain yaitu *Milionia basia* atau es pada tegakan pinus/tusam di Aceh. Walaupun tegakan tusam murni di daerah ini merupakan tegakan alam, tetapi karena faktor-faktor ekologi yang pada suatu saat dalam keadaan labil maka populasi serangga hama tersebut menjadi meningkat dan bahkan bersifat eksplosif.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Apabila makanan yang cocok tersedia dalam jumlah cukup banyak, maka serangga hama akan berkembang dengan baik. Dalam hal ini sumber makanan yang melimpah bagi serangga hama hutan tersedia pada tegakan hutan tanaman industri (HTI), yang biasanya ditanam monokultur, seumur dan merupakan jenis eksotik dan cepat tumbuh. Ada pilihan jenis makanan serta ada berbagai persyaratan yang dibutuhkan bagi kehidupan serangga hama, baik yang bersifat fisis, mekanis atau biokemis yang dimiliki oleh sumber makanan tersebut. Penolakan makanan oleh serangga hama yang disebabkan oleh faktor yang bersifat morfologis, misalnya ada jaringan yang keras, lapisan lilin yang tebal, bulu-bulu tanaman yang rapat, akan menghambat serangga hama untuk mencerna makanan tersebut. Ada senyawa-senyawa kimia bersifat *repellent* yang tidak disukai oleh serangga hama karena bersifat racun, sebaliknya senyawa-senyawa lain yang bersifat stimulan disukai serangga.

Salah satu zat yang terkandung dalam jaringan tanaman merupakan faktor yang menyebabkan serangga hama mengenal tanaman tersebut sebagai inangnya. Faktor tersebut oleh serangga dapat dikenal dengan berbagai macam indera pembau, peraba, pengecap dan penglihatan. Oleh karena adanya pemilihan dan penentuan inang tersebut menyebabkan dikenalnya istilah kekhususan inang (*host specific*) bagi suatu serangga hama.

Tiap-tiap jenis serangga hama dapat memiliki kisaran inang dan satu sampai banyak inang. Serangga hama yang memiliki satu

jenis inang yang cocok disebut serangga hama monofagus, apabila mempunyai dua inang atau lebih dan famili yang sama disebut serangga hama olifagus.

(c) Faktor fisiologi inang (*host*)

Pohon atau tanaman pada umumnya memiliki sifat-sifat fisiologis tertentu yang dapat berbeda-beda, sehingga akan menghasilkan produk yang berlain-lainan pula, walau pohon atau tanaman tersebut dari satu jenis yang sama. Sifat fisiologis yang berbeda itu akan menyebabkan kemampuan untuk bertahan terhadap serangan hama akan berbeda-beda pula. Aspek-aspek fisiologis yang berhubungan dengan sifat ketahanan tanaman terhadap gangguan hama antara lain adalah:

- (1) **Kecepatan tumbuh.** Pohon yang kuat pada umumnya akan tumbuh lebih cepat dan lebih tahan terhadap gangguan serangga hama jika dibandingkan dengan jenis pohon yang sama tetapi tumbuh lambat. Cepat tumbuh mempunyai dua efek yang menguntungkan, yaitu sifat resisten terhadap gangguan hama dan daya rehabilitasi yang lebih besar. Makin cepat tumbuhnya berarti makin dapat segera melampaui masa-masa sensitif. Pertumbuhan cepat ini disebabkan oleh adanya sistem pengangkutan yang lebih baik karena lebih banyaknya jaring-jaringan pengangkutan di dalam tanaman, sehingga sirkulasi zat-zat makanan kepada organ-organ tanaman yang memerlukan akan lebih cepat. Demikian pula

pengeluaran zat-zat sisa yang tidak berguna lagi dari dalam tanaman akan semakin baik. Pengeluaran zat-zat sisa ini dapat berfungsi menghambat pengrusakan lebih lanjut oleh serangga-serangga yang rnengganggunya atau dengan perkataan lain dapat mempercepat proses penyembuhan luka-luka yang ada pada tubuhnya. Sifat-sifat tersebut di atas bertanggung jawab terhadap terbentuknya mekanisme resistensi toleran pada tanaman.

- (2) **Sifat-sifat daun.** Suatu jenis pohon kadang-kadang dapat tahan terhadap gangguan hama oleh adanya sifat-sifat daun yang secara morfologis dapat berfungsi sebagai penghambat. Sifat morfologi itu antara lain adalah:

Tebalnya jaringan sehingga serangga mengalami kesulitan untuk mampu memakannya. Adanya bulu-bulu pada daun yang tebal dan rapat, sehingga bagi alat mulut serangga-serangga akan sukar dapat mencapai janngan daunnya. Adanya lapisan lilin yang juga akan mempersukar pengrusakannya. Sifat-sifat tersebut bertanggung jawab terhadap terbentuknya mekanisme resistensi tidak disukai (*non-preference*) pada tanaman.

- (d) **Adanya kandungan substansi yang tidak disukai oleh serangga hama**

Sering dapat dilihat bahwa pohon-pohon tertentu seakan-akan memiliki kekebalan oleh karena tidak menarik perhatian atau

tidak disukai oleh jenis serangga hamanya. Walaupun pengetahuan tentang hal ini belum dikuasai secara menyeluruh, tetapi tidak dapat disangsikan lagi kebenarannya. Substansi yang dapat berfungsi *repellent* ini terbentuk sebagai bahan yang aktif menghalangi perkembangan serangga-serangga yang menyerang jenis pohon-pohon tersebut. Dasar pengetahuan ini dapat digunakan dalam pemilihan jenis yang unggul dalam arti termasuk sifat yang tahan terhadap gangguan hama. Kalau dihadapi suatu keadaan serangan hama yang eksplosif biasanya akan terlihat bahwa ada pohon-pohon yang sama sekali kebal di antara jenis-jenis pohon sama yang lain yang ada di sedirnya. Jenis pohon-pohon yang kebal itulah yang dapat dipakai dalam usaha seleksi/pemuliaan pohon. Sifat-sifat tersebut bertanggung jawab terhadap mekanisme resistensi toleran atau antibiosis pada tanaman.

(e) Resistensi tanaman

Resistensi tanaman merupakan pengertian yang bersifat relatif, karena untuk melihat resistensi tersebut sifat tanaman yang resisten harus dibandingkan dengan sifat tanaman yang rentan. Tanaman yang rentan adalah tanaman yang menderita kerusakan lebih banyak bila dibandingkan dengan tanaman lain dalam keadaan tingkat populasi hama yang sama dan keadaan lingkungan yang sama pula (Untung, 1993). Resistensi dan kerentanan suatu tanaman terhadap hama adalah sebagai akibat dan interaksi antara respons serangga hama terhadap tanaman dan reaksi tanaman

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

terhadap serangga hama misalnya kurangnya daya tarik serangga hama terhadap tanaman sebagai tempat untuk memperoleh makanan dan tempat bertelur. Peristiwa interaksi antara serangga hama dan tanaman yang dapat membantu melindungi tanaman dan gangguan hama, secara kolektif telah dikenal sebagai resistensi atau ketahanan tanaman (Subyanto, 1989).

Sifat resisten yang dimiliki oleh tanaman dapat merupakan sifat asli atau terbawa keturunan (bersifat genetik), tetapi dapat juga karena keadaan lingkungan (ekologik) yang menyebabkan tanaman menjadi resisten/ tahan terhadap serangga hama. Ada tiga mekanisme resistensi tanaman yang bersifat genetik (Painter, 1951), yaitu:

- (1) Nonpreferensi, ialah sifat tanaman yang ditunjukkan oleh suatu serangga yang menjauh atau tidak menyenangi tanaman, baik sebagai pakan atau tempat untuk meletakkan telur.
- (2) Antibiosis, adalah semua pengaruh fisiologis yang merugikan terhadap serangga yang bersifat sementara atau tetap, sebagai akibat dan serangga yang makan atau mencerna jaringan atau cairan tanaman tertentu.
- (3) Toleran, mekanisme resistensi ini terjadi karena adanya kemampuan tanaman tertentu untuk menyembuhkan luka yang diderita atau tumbuh lebih cepat sehingga akibat serangan hama kurang berpengaruh terhadap hasil bila dibandingkan

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

dengan tanaman lain yang lebih peka terhadap populasi yang sama.

Ketahanan ekologi atau dengan istilah lain ketahanan yang kelihatan (*apparent resistance*) atau ketahanan palsu (*pseudoresistance*) merupakan sifat ketahanan tanaman yang tidak dikendalikan oleh faktor genetik, tetapi sepenuhnya disebabkan oleh faktor lingkungan yang memungkinkan kenampakan sifat ketahanan terhadap hama tertentu. Sifat ketahanan ini biasanya merupakan sifat yang sementara dan dapat terjadi juga pada tanaman yang sebenarnya rentan terhadap serangan hama tertentu. Ada tiga bentuk ketahanan ekologi yang dikenal (Untung, 1993), yaitu:

- (1) Pengelakan inang (*host evasion*), terjadi karena adanya ketidaksesuaian fenologi hama dan tanaman, yaitu bila waktu pemunculan fase tumbuh tanaman tertentu tidak bersamaan dengan waktu pemunculan stadia hama yang aktif mengkonsumsi tanaman.
- (2) Ketahanan dorongan (*induced resistance*), sifat ketahanan ini timbul dan didorong oleh adanya keadaan lingkungan tertentu sehingga tanaman mampu bertahan terhadap serangan hama, misalnya akibat adanya pemupukan dan irigasi serta teknik budidaya yang lain.
- (3) Inang luput serangga (*host escape*), yaitu suatu kelompok tanaman tertentu yang sebenarnya memiliki sifat rentan terhadap suatu jenis hama, tetapi pada suatu saat tanaman

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

tersebut tidak terserang meskipun populasi hama di sedirnya pada waktu itu cukup tinggi.

Ketahanan tanaman terhadap serangan hama merupakan hal yang kompleks, jarang sekali disebabkan oleh hanya satu faktor, dan juga relatif (Subyanto, 1989). Menurut Untung (1993), peranan tanaman sebagai sumber rangsangan bagi serangga sangat penting. Sifat morfologi dan fisiologi tanaman merupakan sumber rangsangan utama.

- (1) Sifat morfologik, ciri-ciri morfologik tanaman tertentu dapat menghasilkan rangsangan fisik untuk kegiatan makan serangga atau kegiatan peletakan telur. Variasi dalam ukuran daun, bentuk, warna, kekerasan jaringan tanaman, adanya rambut dan tonjolan dapat menentukan seberapa jauh derajat penerimaan serangga terhadap tanaman tertentu.
- (2) Sifat fisiologik, ciri-ciri fisiologik yang mempengaruhi serangga biasanya berupa zat-zat kimia yang dihasilkan oleh metabolisme tanaman baik metabolisme primer maupun metabolisme sekunder. Metabolit sekunder ini karena fungsinya tidak menentukan metabolisme primer dianggap mempunyai fungsi untuk pertahanan tanaman terhadap serangan binatang herbivora.

Wheeler & Brewbaker (1990) membicarakan hal resistensi tanaman pada lamtoro, dan selanjutnya dikemukakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi ekspresi resistensi tanaman lamtoro

terhadap kutu loncat belum dapat dipastikan. Beberapa mekanisme telah diusulkan termasuk metabolit sekunder, antara lain mimosin, fenol dan saponin maupun keberadaan lilin atau getah pada helaian daun dan tersimpan pada daun yang telah masak. Meskipun lamtoro terkenal memiliki kandungan mimosin yang tinggi, yang ditunjukkan dengan sifat-sifat insektisidal, namun penelitian menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara tingkat mimosin dengan resistensinya terhadap kutu loncat lamtoro. Varietas-varietas dengan tingkat-tingkat mimosin yang relatif tinggi juga termasuk di antara varietas-varietas dengan kerusakan tinggi. Tidak ada metabolit lain sejauh ini yang diusulkan sebagai sumber resistensi lebih lanjut.

Meskipun sifat ketahanan dikendalikan oleh, faktor genetik tetapi banyak unsur fisik dan hayati lingkungan yang mempengaruhi penampakan atau ekspresi sifat resistensi tanaman di lapangan. Faktor lingkungan tersebut dibagi menjadi faktor fisik dan faktor hayati (Untung, 1993), yaitu:

- (1) Faktor fisik meliputi keadaan cuaca, tanah, cara bercocok tanam merupakan faktor lingkungan fisik yang mempengaruhi kenampakan sifat ketahanan genetik. Faktor-faktor ini mempengaruhi ketahanan melalui suhu, intensitas cahaya, kebasahan dan kesuburan tanah terhadap proses fisiologik tanaman yang berperan dalam menentukan kenampakan ketahanan di lapangan.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

- (2) Faktor hayati, yang paling banyak berpengaruh terhadap kenampakan sifat ketahanan tanaman di lapangan adalah biotipe dan umur tanaman.

Sementara itu Wheeler & Brewbaker (1990), pada studi observasi yang dilakukan di Waimanalo, Hawaii, menemukan variasi tingkat-tingkat ketahanan di antara masukan percobaan tergantung pada jumlah tekanan pada pucuk pohon, seperti yang diciptakan pada pemangkasan pucuk. Perbedaan tinggi pada pemangkasan pucuk dan daun dipelajari untuk menentukan apabila tingkat-tingkat yang bervariasi dan ketahanan terjadi. Pada penelitian tersebut tingkat-tingkat ketahanan yang tinggi yang diinginkan oleh K784 berganti selagi pohon itu dipengaruhi oleh tingkat-tingkat tekanan yang lebih besar. Observasi-observasi ini lebih lanjut didukung oleh laporan dan ketahanan yang menurun dalam percobaan respons dan varietas tertentu pada perlakuan pemeliharaan atau tekanan kelembaban selama kondisi musim kemarau. Sekali tingkat-tingkat tekanan dikurangi, tingkat kerusakan pasti kembali ke tingkat-tingkat rendah.

KX1 (*Leucaena diversiola* \times *Leucaena pallida*) merupakan persilangan antara induk yang resisten dan sangat resisten, dan keturunannya cenderung untuk mempunyai pertumbuhan vegetatif sangat bagus dan cocok untuk peneduh. Telah ada beberapa tipe KX1, yaitu tipe silang yang dibuat, meliputi (K156 \times K376), (K784 \times K376), (K784 \times K819), (K156 \times K804), dan (K165 \times K376).

Silangan ini telah sesuai dengan induk-induknya yang bersifat bagus dan mempunyai ketahanan tingkat tinggi terhadap kutu loncat, dan dibanyak kasus KX1 telah melampaui biomasa daun dan kayu kedua induknya yang ditunjukkan oleh hasil makanan ternak dan Mealani Experimen Station (Wheeler & Brewbaker, 1990).

3. Faktor Hayati (Faktor Biotis)

Faktor biotis tersebut mencakup:

(a) Kompetisi intraspesifik

Kompetisi ini terjadi karena kepadatan populasi yang sedemikian rupa tingginya, sehingga kebutuhan makanan, tempat tinggal dan kebutuhan hidup lain dari populasi tersebut menjadi di luar kemampuan daya dukung alam lingkungannya untuk menyediakan atau mendukung kelangsungan hidup populasi tersebut. Akibatnya individu yang lemah tertekan atau mati, atau meninggalkan tempat tersebut pergi ke tempat lain, dan bahkan kondisi demikian dapat mendorong terjadinya kanibalisme.

(b) Kompetisi interspesifik

Kompetisi ini disebabkan oleh:

- (1) **Predatisme.** Predatisme merupakan peristiwa yang disebabkan oleh adanya organisme binatang yang bersifat predator memakan mangsanya (*prey*) berupa serangga hama. Untuk menyelesaikan sebagian dan siklus hidupnya predator tersebut memerlukan lebih dan satu mangsa. Predator memiliki ukuran tubuh lebih besar dan lebih kuat

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

daripada mangsanya dan dapat bergerak aktif. Contoh-contoh predator dan golongan serangga yang penting adalah ordo-ordo Odonata, Coleoptera, Hemiptera dan Orthoptera, dan contoh dari golongan bukan serangga seperti burung, binatang melata dan laba-laba (*spider*).

- (2) **Parasitisme.** Parasitisme adalah suatu peristiwa yang disebabkan adanya organisme binatang yang bersifat parasit. Parasitoid adalah golongan binatang yang hidupnya menumpang di luar atau di dalam tubuh binatang lain/ inang. Untuk hidupnya parasit ini menyerap cairan tubuh inang sehingga dapat mematikan inangnya secara perlahan-lahan. Biasanya parasit ini berukuran lebih kecil daripada inangnya dan untuk menyelesaikan sebagian dari siklus hidupnya satu individu parasit hanya memerlukan satu individu inang. Sebagian siklus hidup parasit tersebut adalah stadium larva. Parasit dapat menyerang dan berkembang dalam fase hidup serangga hama, misalnya parasit pada telur, parasit larva/ nimfa, parasit kepompong (pupa) dan parasit serangga dewasa. Antara parasit dan inang mempunyai hubungan erat, yaitu inang sebagai sumber makanannya. Contoh parasit yang penting adalah anggota-anggota dari ordo Hymenoptera parasitik dan lalat Tachinid dan ordo Diptera.

- (3) **Penyakit (patogen) serangga.** Serangga hama dapat terinfeksi oleh penyakit yang disebabkan oleh penyebab penyakit (patogen), seperti bakteri, virus, jamur, protozoa, rickettsia. Contoh-contoh patogen hama yang penting adalah *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*. Patogen dapat masuk ke dalam tubuh inangnya dengan jalan merusak integumen, melalui mulut spirakulum, anus atau melalui lubang masuk yang lain. Umumnya patogen (penyebab penyakit) masuk ke dalam tubuh melalui mulut atau alat pencernaan.

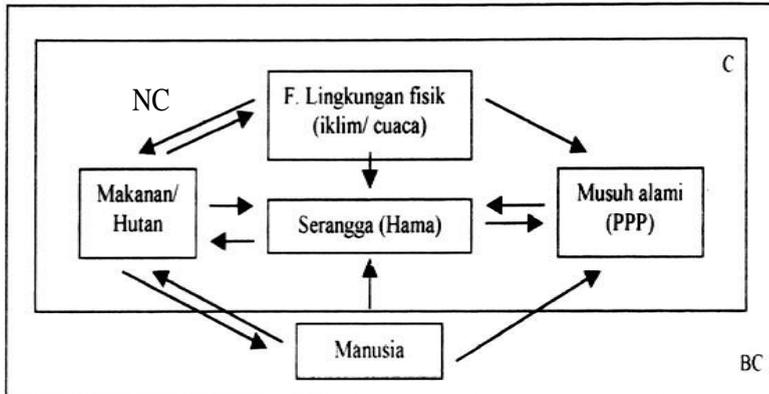
4. Faktor manusia

Aktivitas manusia baik secara langsung maupun tidak langsung dapat berpengaruh positif maupun negatif terhadap aktivitas hidup serangga hama.

Hubungan Antara Serangga dengan Lingkungannya

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka bentuk hubungan antara serangga hama dengan lingkungannya secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI



Gambar 2.5 Skema sederhana hubungan timbal balik antara serangga hama dengan faktor lingkungan

Keterangan:

NC : Pengendalian alami dari lingkungan dan faktor makanan atau serangga sendiri

BC : Pengendalian biologi oleh manusia

PPP : Parasit (oid), Predator dan Patogen

(Oka, 1995)

Pada gambar di atas dapat dilihat bagaimana serangga (sebagai hama) hidup dalam suatu lingkungan. Dalam lingkungan, serangga akan berinteraksi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan faktor lingkungan biotik yang terdiri atas kualitas dan kuantitas makanan, musuh-musuh aalami yang terdiri atas predator, paarasit dan patogen, dan juga manusia sebagai pengelola tanaman pertanian pangan, perkebunan dan khususnya tanaman hutan.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

Seperti telah diuraikan bahwa aktivitas serangga maupun pertumbuhan populasinya dipengaruhi oleh faktor potensi biotik (*biotic potential*) dan faktor resistensi lingkungan. Potensi biotik merupakan faktor yang berpengaruh terhadap meningkatnya kepadatan populasi serangga pada suatu periode tertentu, sedangkan resistensi lingkungan merupakan faktor yang bekerja menghambat bekerjanya potensi biotik. Ada tiga bentuk yang akan terjadi karena adanya interaksi antara potensi biotik dan resistensi lingkungan, yaitu:

- 1) Potensi biotik (r) jauh lebih besar daripada resistensi lingkungan. Apabila keadaan ini terjadi maka kepadatan populasi serangga akan meningkat dengan pesat dan memungkinkan terjadinya eksplosif, dan menyebabkan terjadinya kerugian secara ekonomis.

Ada tiga bentuk eksplosif, yaitu eksplosif periodis, eksplosif sporadis dan eksplosif kontinyu.

- (a) Eksplosif periodis adalah bentuk eksplosif yang terjadi secara periodis sesuai dengan periodisitas pertumbuhan tanaman yang menjadi sumber makanannya. Contoh: Ulat daun *Pyrausta machaeralis* Wlk. dan *Hyblaea puera* Cr., yang keduanya makan daun muda tanaman jati (*Tectona grandis* L.f.). Di pulau Jawa kedua jenis ulat tersebut setiap tahun sekali pada awal musim hujan, populasinya menjadi eksplosif sesuai dengan awal

tumbuhnya daun-daun muda tanaman Jati setelah mengalami gugur daun (meranggas).

- (b) Eksplosi sporadis adalah bentuk eksplosi yang terjadi pada tempat-tempat tertentu secara sporadis. Contoh: Rayap inger-inger (*Neotermes tectonae* Damm.) yang menyerang bagian batang/cabang tanaman Jati yang tumbuh di wilayah-wilayah Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Blora, Mantingan, Kebonharjo dan Randublatung Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah dan wilayah KPH Jatirogo, Parengan dan Banyuwangi Selatan Perum Perhutani Unit II Jawa Timur. Serangan Inger-inger ini dijumpai secara sporadis dalam intensitas kecil, bahkan tidak dijumpai pada areal tanaman Jati di wilayah KPH lain di pulau Jawa.
- (c) Eksplosi kontinyu adalah bentuk eksplosi yang terjadi terus-menerus sepanjang tahun atau bahkan selama periode tertentu lebih dari 1 tahun. Contoh Kutu loncat Lamtoro (*Heleropteryx cubunu* Crawford) yang menyerang pucuk tanaman (bagian menstematis) tanaman lamtoro (*Leucaena leucocephala* L.). Di Indonesia serangan kutu loncat tersebut di laporkan untuk pertama kali pada tahun 1983 dan selama 3 bulan berikutnya populasi kutu tersebut telah menjadi eksplosif di seluruh wilayah Indonesia yang memiliki tanaman lamtoro. Eksplosi kutu tersebut berlangsung sampai tahun 1986 dan sebagai

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI

dampaknya tanaman lamtoro selama itu tidak menghasilkan bunga maupun biji.

- 2) Potensi biotik sama dengan resistensi lingkungan. Apabila kondisi ini terjadi maka populasi serangga dalam keseimbangan. Hal tersebut terjadi karena peningkatan populasi (potensi biotik) selalu diikuti oleh kemampuan menghambat faktor lingkungan (resistensi lingkungan). Pada kondisi ini meskipun terjadi kerusakan tetapi dalam skala kecil atau bahkan sangat kecil. Dalam pengelolaan hutan, khususnya HTI, kondisi inilah yang diharapkan.
- 3) Potensi biotik jauh lebih kecil daripada resistensi lingkungan. Apabila kondisi ini terjadi maka kepadatan populasi serangga akan menjadi sangat rendah, dan bahkan secara teoritis dapat menjadi punah.



Latihan

- 1) Jelaskan apa yang disebut daya biotik serangga (potensi biotik) dan apa yang disebut resisten lingkungan!
- 2) Sebutkan 3 (tiga) faktor yang berpengaruh terhadap daya reproduksi serangga, dan jelaskan peranan masing-masing faktor tersebut serta berikan masing-masing contohnya.
- 3) Dalam lingkungan faktor potensi biotik akan berinteraksi dengan faktor resistensi lingkungan. Sebutkan dan uraikan bentuk-bentuk kemungkinan yang terjadi karena interaksi tersebut dan berikan masing-masing contohnya.
- 4) Sebutkan 3 (tiga) faktor yang berpengaruh terhadap resistensi lingkungan. Jelaskan masing-masing peranannya terhadap aktivitas hidup maupun pertumbuhan populasi serangga dan berikan pula contoh untuk masing-masing faktor tersebut.
- 5) Ada 3 (tiga) mekanisme resistensi pada tanaman yang berpengaruh terhadap aktivitas serangga hama menyerang tanaman tersebut. Sebutkan dan berikan penjelasannya.

FAKTOR YANG MEMENGARUHI DINAMIKA POPULASI



KEPADATAN POPULASI DAN INDEKS JUMLAH RELATIF

Indeks Populasi

Kepadatan populasi ialah besarnya populasi dalam hubungannya dengan suatu unit atau satuan ruangan. Perlu diingat bahwa perhitungan jumlah terlalu mementingkan arti organisme kecil, sedangkan biomassa terlalu membesarkan arti organisme besar, sedangkan komponen arus energi memberikan indeks yang lebih baik untuk membandingkan populasi mana saja dalam ekosistem.

Perubahan kepadatan populasi dipengaruhi oleh empat parameter primer dari populasi yaitu natalitas, mortalitas, imigrasi dan emigrasi. Populasi meningkat atau menurun pada jenis tertentu, karena salah satu dari parameter ini berubah. Apabila natalitas dan imigrasi meningkat dalam populasi sedangkan emigrasi dan mortalitas menurun, maka kepadatan populasi akan bertambah. Pertambahan jumlah organisme ke dalam populasi ini disebut laju kepadatan yaitu jumlah organisme atau individu yang bertambah ke dalam populasi per satuan waktu.

Kepadatan Absolut. Para ekologiwan menentukan kepadatan absolut dengan dua cara yaitu dengan penghitungan total dan dengan menggunakan sampel.

Dalam menduga populasi terdapat dua indeks yaitu:

1. Indeks Peterson / Lincoln

Indeks Peterson / Lincoln juga disebut metode *Mark and Recapture* atau sebagai *Capture-Recapture*, yaitu metode penandaan dan penangkapan kembali. Metode ini umumnya digunakan untuk penaksiran ukuran populasi, digunakan untuk menandai dalam satu kesempatan dan mencatat populasi individu yang tertandai dalam penangkapan atau pengambilan sampel pada kesempatan kedua.

Dari dua kali hasil penangkapan tersebut, dapat diduga ukuran atau besarnya populasi dengan rumus:

$$N = Mn \div mv$$

Keterangan:

N : indeks Peterson / Lincoln

M : jumlah individu yang ditandai dan dilepaskan kembali pada penangkapan 1

n : jumlah total yang bertanda maupun tidak pada penangkapan 2

M : jumlah individu bertanda, yang tertangkap kembali pada penangkapan 2

2. Indeks Scrabel

Metode ini berkembang dari metode Peterson / Lincoln menjadi rangkaian sampel dimana terdapat sampel nomer 2, 3, 4 dan seterusnya. Individu-individu tertangkap dalam masing-masing sampel merupakan individu yang diperiksa penandanya, lalu ditandai dan dilepaskan. Hanya penanda tipe single yang digunakan, karena hanya perlu membedakan 2 tipe dari individu, yaitu ditandai

(ditangkap dalam satu atau lebih sampel utama) dan yang tidak ditandai (tidak pernah ditangkap sebelumnya).

3. Konsep Dasar Laju (*Vates*)

Konsep *rate* (tingkat perubahan), dimaksudkan sebagai ukuran u /perubahan populasi, yaitu: hasil bagi antara besaran perubahan populasi dengan periode waktu selama perubahan itu terjadi. Dalam konsep *rate* di kenal:

Rate pertumbuhan (*growth rate*) u /populasi, jumlah organisme yang bertambah ke dalam populasi untuk setiap ukuran waktu tertentu.

Contoh: penambahan jumlah populasi = ΔN , dan waktu yang digunakan u /menghasilkan ΔN adalah Δt , maka *rate* rata-rata dari perubahan populasi adalah $\Delta N / \Delta t$.

Specific Growth Rate (SGR), yaitu perubahan rata-rata setiap individu dalam waktu tertentu, ditentukan dengan rumus : **SGR**
= $\Delta N / N \cdot \Delta t$

Contoh: terdapat populasi ikan mas (*Cyprinus carpio*) sebesar 50 ekor, setelah sebulan menjadi 150 ekor, maka:

$\Delta N = 150 - 50 = 100$ ekor/bulan, dan $SGR = 100 / 50 = 2$ ekor/bulan

(Catatan: *rate* pertumbuhan dapat +, 0, dan -).

Faktor yang Mempengaruhi Kepadatan Populasi

1. Natalitas (angka kelahiran)

Salah satu faktor utama yang menyebabkan peningkatan kepadatan populasi adalah natalitas, yaitu produksi individu-individu baru di dalam populasi melalui kelahiran, *hacthing*, germinasi atau pembelahan. Fekunditas adalah kondisi fisiologis yang mengacu pada kapasitas reproduksi organisme. Fertilitas adalah konsep ekologi yang didasarkan pada kemampuan organisme menghasilkan anak pada periode tertentu.

2. Laju kelahiran

Laju kelahiran adalah jumlah organisme yang dihasilkan individu per unit waktu. Besar laju kelahiran sangat dipengaruhi oleh tipe organisme yang sedang dipelajari. Beberapa jenis melakukan perkawinan setahun sekali, jenis lain beberapa kali dalam satu tahun, ada yang sepanjang tahun. Beberapa jenis menghasilkan banyak biji atau telur sedang yang lain hanya beberapa telur atau biji. Laju kelahiran populasi disebut angka kelahiran kotor (*crude natality*). Laju kelahiran individu disebut laju kelahiran spesifik (*specific natality*) karena setiap individu mempunyai angka kelahiran yang berbeda. Dalam perhitungan laju kelahiran, harus dibedakan antara N_n dengan N .

3. Natalitas maksimum

Natalitas maksimum adalah produksi maksimum teoritis individu-individu baru di dalam suatu keadaan ideal (secara ekologis tidak ada faktor pembatas kelahiran, kecuali faktor fisiologis).

a. **Natality Rate (tingkat natalitas)**

Adalah suatu perubahan jumlah populasi karena adanya kelahiran. Diperoleh dari jumlah individu baru hasil produksi (kelahiran) dibagi dengan waktu (Δt) (disebut juga natalitas mutlak).
Jadi Natalitas mutlak = $\Delta N_n / \Delta t$

b. **Specific Natality Rate (SNR);**

SNR adalah sebagai laju kelahiran jenis umur untuk berbagai kelompok yang berbeda dalam populasi.

$$\text{SNR} = \Delta N_n / \Delta t N$$

Keterangan:

ΔN_n = natalitas; individu baru dalam suatu populasi

$\Delta N_n / \Delta t$ = *rate natality* perunit waktu (natalitas mutlak)

N = populasi total sebelum peristiwa natalitas (populasi awal yang dari sini sebagian jumlah yang memproduksi).

4. Mortalitas

Mortalitas adalah jumlah individu dalam populasi yang mati selama periode waktu tertentu. Dalam studi populasi biologiwan lebih tertarik pada mengapa organisme mati pada usia tertentu. Mortalitas atau kebalikannya survival, dapat dilihat dari berbagai aspek. Sebagian besar organisme yang hidup di alam jarang pada kondisi

optimum, sebagian besar hewan atau tumbuhan mati karena penyakit, predator, atau ancaman alamiah lain.

Laju kematian populasi adalah jumlah individu dari suatu populasi yang mati dalam periode waktu tertentu (jumlah yang mati per satuan waktu). Laju kematian populasi nilainya negatif, karena merupakan kebalikan dari angka kelahiran. Nisbah antara angka kelahiran dan kematian disebut *vital index* yang dirumuskan dalam bentuk persentase (%)

Ada 3 pengertian menyangkut mortalitas, sbb:

- a) **Mortalitas Ekologi (*Ecological of realized mortality*)**, kematian yang terjadi karena keadaan lingkungan tertentu akibat adanya faktor ekologi tertentu.
- b) **Mortalitas Minimum Teoritis**, kematian yang terjadi hanya karena faktor ketuaan dan bukan karena *limiting factor*.
- c) **Mortalitas Khusus (*Specific Mortality*)**, persentase (tingkat) kematian dari populasi semula untuk setiap periode waktu tertentu.

5. Penyebaran Umur Populasi

Individu di dalam populasi mencakup berbagai tingkat umur yaitu prereproduktif, reproduktif dan postreproduktif. Proporsi individu dalam setiap kelompok umur disebut distribusi umur. Keadaan distribusi umur berpengaruh terhadap tingkat kematian dan kelahiran. Rasio dari kelompok-kelompok umur dari populasi menentukan status reproduktif yang sedang berlangsung dari populasi tersebut, sehingga menentukan pertumbuhan populasi

untuk waktu berikutnya. Dari distribusi umur dapat diramalkan tingkat kelahiran dan kematian sehingga dapat diperkirakan keadaan populasi masa depan, karena distribusi umur sangat besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan populasi dan dinamika populasi. Hal ini disebabkan karena (a) Populasi yang berkembang dengan cepat, sebagian besar individu muda, (b) Populasi stasioner memiliki pembagian kelas umur lebih merata, (c) Populasi menurun, sebagian besar individunya berusia tua.

Umur di dalam populasi dapat digambarkan dalam bentuk piramida yang disebut dengan piramida umur populasi. Suatu model yang menggambarkan perbandingan geometri dari perbedaan kelompok umur di dalam suatu populasi.

(a) Piramida Bentuk Segitiga.

Piramida ini menunjukkan persentase individu muda di dalam populasi tinggi. Di- dalam populasi di mana kelompok umur individu muda tinggi biasanya laju kelahiran tinggi dan dapat saja pertumbuhan populasi eksponensial, seperti pada populasi ragi, *Paramecium* dan sebagainya. Pada keadaan seperti ini setiap perubahan (regenerasi) akan lebih banyak dari pendahulunya dan akan memberikan dasar piramida umur yang lebar.

(b) Piramida Bentuk Genta.

Menunjukkan proporsi yang seimbang dari individu-individu muda sampai tua. Selanjutnya laju pertumbuhan populasi konstan dan stabil. Fase kelompok umur sebelum reproduksi dan reproduksi

menjadi seimbang berbeda sedikit saja dan kelompok umur populasi memberikan struktur bentuk genta atau lonceng.

(c) Piramida Bentuk Kendi.

Menunjukkan persentase yang rendah untuk individu-individu muda dan proporsi besar pada fase setelah reproduksi. Hal ini dapat terjadi jika laju kelahiran secara drastis diturunkan, maka jumlah individu sebelum reproduksi menjadi lebih kecil dan lebih rendah dari kelompok pasca reproduksi.

Laju Intristik dari Kenaikan Alami

Laju pertumbuhan intrinsik merupakan kapasitas suatu populasi untuk meningkat, yang besarnya ditentukan oleh berbagai aspek yang menyangkut sejarah kehidupan organisme yaitu natalitas, mortalitas dan waktu perkembangan.

Statistik demografi parasitoid menggunakan rumus yang dikembangkan Southwood (1978):

lx = hari pengamatan ke atau kelas umur

ax = jumlah individu yang hidup

lx = proporsi individu yang hidup

dx = jumlah individu yang mati

mx = keperidian spesifik individu pada kelompok umur x .

qx = proporsi individu yang mati

$l_0 = a_0/a_0 = 1$. $l_1 = a_1/a_0$, $l_x = a_x/a_0$

Proporsi jumlah anak betina yang lahir sepanjang generasi kohor yang disebut laju reproduksi neto (R_0);

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

Waktu rata-rata generasi dihitung dengan

$$T = \frac{\sum x l_x m_x}{R_0}$$

Laju pertumbuhan intrinsik dihitung dengan

$$r = \text{Log } e R_0/T$$

Pola Pertumbuhan Populasi dan Konsep Daya Dukung

Pertumbuhan populasi berarti perubahan ukuran populasi pada periode waktu tertentu. Populasi adalah unit biologis yang menunjukkan perubahan dalam ukurannya. Pada bentuk J, kepadatan bertambah dengan cepat secara eksponensial atau bunga berganda dan kemudian berhenti secara mendadak karena hambatan lingkungan atau pembatasan-pembatas lain secara kurang lebih mendadak menjadi lebih efektif. Kurva pertumbuhan populasi pada lingkungan yang terbatas disebut kurva bentuk S (sigmoid). Pada bentuk sigmoid, populasi bertambah perlahan-lahan mula-mula (fase pembentukan), lebih cepat tetapi hal ini kemudian lambat secara berangsur-angsur karena hambatan lingkungan meningkat sampai tingkat kurang lebih seimbang atau terpelihara. Pada kurva ini dikenal laju pertumbuhan pada (a) fase tersendat (*lag phase*), (b) fase menanjak naik (*accelerating growth phase*), (c) fase

pertumbuhan melambat (*decelerating growth phase*) dan (d) periode keseimbangan (*equilibrium period*).

Kurva Sigmoid berbeda dengan kurva geometrik (bentuk S) dalam dua hal yaitu: (1) kurva ini memiliki asimptot atas (kurva tidak melebihi titik maksimal tertentu), (2) kurva ini mendekati asimptot secara perlahan, tidak secara mendadak atau tajam. Laju pertumbuhan dapat dikurangi dengan penambahan individu baru dalam populasi, yang mengakibatkan penambahan menjadi berkurang.

Secara teoritik, pada keadaan lingkungan yang ideal dimana tidak ada faktor lingkungan fisik atau biotik yang membatasi laju pertumbuhan intrinsik yang maksimum maka populasi tumbuh secara eksponensial. Kemampuan populasi tumbuh membentuk kurva eksponensial disebut dengan potensi biotik. Potensi biotik menunjukkan laju pertumbuhan teoritis yang tidak sesuai dengan kenyataan di alam. Pada kenyataannya, potensi biotik selalu dikendalikan oleh faktor lingkungan yang saling berinteraksi sehingga membatasi pertumbuhan. Faktor lingkungan yang membatasi pertumbuhan populasi dengan cara menurunkan laju kelahiran atau menaikkan laju kematian atau keduanya disebut dengan resistensi lingkungan. Batas resistensi lingkungan terhadap kemampuan potensi biotik suatu populasi diberi lambang K (*carrying capacity* atau daya dukung lingkungan). Dengan menukarkan nilai K pada persamaan laju pertumbuhan populasi maka persamaan akan berkembang dan memberikan kurva pertumbuhan model logistik

sederhana. Selanjutnya nilai K disebut dengan daya dukung lingkungan, yaitu jumlah kepadatan populasi yang dapat didukung oleh faktor lingkungan terbatas akibat adanya resistensi lingkungan.

Hubungan Antara Potensi Biotik, Pertumbuhan Logistik dan Resistensi Lingkungan

Penambahan jumlah individu ke dalam populasi secara tiba-tiba melebihi daya dukung menyebabkan kurva bentuk J pada kurva potensi biotik menjadi terputus secara tiba-tiba (*overshoot*). Jika kemampuan daya dukung hanya dibatasi oleh persediaan makanan. Pada kenyataannya populasi organisme berasosiasi dengan daya dukung (K), sedangkan pada keadaan lingkungan yang terbatas, dimana populasi dibatasi oleh daya dukung lingkungan, sehingga ukuran populasi mempengaruhi laju pertumbuhan, dan laju pertumbuhan membentuk kurva sigmoid yang kurvanya berbentuk huruf S.

Semakin besar ukuran populasi (semakin mendekati daya dukung) maka laju pertambahan populasinya semakin kecil walaupun laju pertumbuhan intrinsiknya tetap. Jadi laju pertumbuhan populasi pada lingkungan yang terbatas dipengaruhi oleh ukuran populasi.

Pengaturan Populasi dan Konsep-konsep Pengendalian Populasi Bergantung dan Tidak Bergantung Kepadatan

Populasi cenderung diatur oleh komponen-komponen fisik seperti cuaca, arus air, faktor kimia yang membatasi pencemaran dan sebagainya dalam ekosistem yang mempunyai keanekaragaman rendah atau dalam ekosistem yang menjadi sasaran gangguan-gangguan luar yang tidak dapat diduga, sedangkan dalam ekosistem yang mempunyai keanekaragaman tinggi, populasi cenderung dikendalikan secara biologi dan seleksi alam.

Faktor negatif ataupun positif bagi populasi adalah:

1. Ketidaktergantungan pada kepadatan (*density independent*), apabila pengaruhnya tidak tergantung dari besarnya populasi. Contoh: iklim sering kali, tetapi tidak berarti selalu.
2. Ketergantungan pada kepadatan (*density dependent*), apabila pengaruhnya pada populasi merupakan fungsi dari kepadatan. Contohnya faktor biotik (persaingan, parasit, dan sebagainya) tetapi tidak selalu (Odum, 1993).

Distribusi Populasi (Penyebaran Populasi)

Kemampuan untuk menyebar merupakan salah satu siklus hidup yang sangat penting dalam organisme, merupakan proses ekologis yang menghasilkan aliran gen (*gen flow*) diantara populasi

lokal dan membantu untuk menghindari terjadinya inbreeding. Penyebaran individu dalam populasi dapat dibatasi oleh halangan geografis, dan berpengaruh terhadap komposisi komunitas.

Tiga pola penyebaran populasi

(a) Emigrasi (E).

Suatu pergerakan individu ke luar dari tempat atau daerah populasinya ke tempat lainnya dan individu tersebut tinggal secara permanen di tempat baru tersebut.

(b) Imigrasi (I).

Suatu pergerakan individu populasi ke dalam suatu daerah populasi dan individu tersebut meninggalkan daerah populasinya selanjutnya tinggal di tempat baru.

(c) Migrasi (M).

Pergerakan dua arah, ke luar dan masuk populasi atau populasi pergi dan datang secara periodik selama kondisi lingkungan tidak menguntungkan maka individu-individu suatu populasi akan berpindah tempat, sedangkan kalau sudah menguntungkan kembali ke tempat asal.

Struktur Populasi

Pola penyebaran intern (dispersi)

Penyebaran organisme / individu dalam populasi (penyebaran intern) terjadi menurut tiga pola:

1. Random / acak

Penyebaran secara acak relatif jarang di alam, terjadi dimana lingkungan sangat seragam dan cenderung berkumpul (Postlethulait dan Hopson, 1992).

2. Seragam

Dapat terjadi dimana persaingan di antara individu sangat keras dimana terdapat antagonisme positif yang mendorong pembagian ruang yang sama.

3. Bergerombol (tidak teratur dan tidak secara acak)

Hampir merupakan aturan jika yang diperhatikan adalah individu-individu. Bergerombol dalam populasi sendiri ada yang menggerombol secara acak, menggerombol seragam dan bergerombol berkumpul (Odum, 1993).

Pengelompokkan (*aggregation*) dan asas *allee*

Pengelompokkan merupakan hasil atau akibat dari pengumpulan individu-individu:

1. Dalam menanggapi perubahan-perubahan cuaca harian dan musiman.
2. Menanggapi habitat setempat.
3. Sebagai akibat dari proses reproduktif.
4. Sebagai akibat dari daya tarik sosial.

Derajat pengumpulan yang dijumpai di dalam populasi jenis tertentu jenis tertentu tergantung pada sifat khas dari habitat (apakah seragam atau secara terputus/diskontinus, cuaca, tipe pola reproduktif khas dari jenis, dan derajat dari sosialitasnya.

Derajat pengumpulan dan demikian juga kepadatan keseluruhan yang mengakibatkan pertumbuhan dan jumlah yang hidup yang optimum dari populasi berubah-ubah dengan jenis dan keadaan; karenanya *undercrowding* (atau tiadanya pengumpulan) dan juga *overcrowding*, dapat membatasi dan itulah yang disebut asas *Alle*.

Isolasi dan territorialitas

Isolasi (penguncilan) biasanya akibat dari

1. Persaingan antar individu terhadap sumber-sumber yang persediannya sedikit
2. Antagonisme secara langsung

Individu-individu, atau kelompok-kelompok vertebrata dan invertebrata yang lebih tinggi biasanya membatasi kegiatan mereka terhadap atau pada daerah tertentu disebut *homerange* (daerah pengembaraan). Apabila daerah itu dipertahankan secara aktif maka disebut *teritori*. Isolasi cara demikian mengurangi persaingan, menghemat atau menyimpan energi selama periode-periode yang gawat dan menghindari kelebihan penduduk atau pemborosan persediaan makanan dalam kasus binatang, hara, air atau sinar dalam kasus tumbuhan. Dalam perkataan lain, territorialitas cenderung untuk mengatur pada taraf dibawah tingkat kejenuhan. Dalam arti ini maka territorialitas merupakan fenomena (peristiwa) ekologi umum tidak terbatas pada salah satu kelompok taksonomis misalnya burung.

Tipe Interaksi Antara Dua Organisme

Setiap organisme hidup tergantung pada organisme lain dan terjadi hubungan timbal balik antara satu organisme dengan organisme lain. Secara ringkas dapat di kemukakan bahwa interaksi dapat berdampak positif (+), tidak berpengaruh (0) atau berdampak negatif (-) bagi jenis atau salah satu jenis yang berinteraksi.

1. Interaksi positif atau kooperatif yang terjadi atas:

- a) Mutualisme atau simbiosis; kedua jenis yang berinteraksi memperoleh keuntungan dari interaksi (+,+).
- b) Komensalisme (+,0); salah satu jenis memperoleh keuntungan.

2. Interaksi tanpa dampak (*independent*) simbiosis (0,0)

3. Interaksi negatif

- a) Amensalisme/antibiosis (-,0); salah satu jenis memproduksi dan mengeluarkan sejenis bahan yang merugikan jenis kedua. Misalnya semacam antibiotik atau suatu populasi dihalang-halangi, sedangkan populasi lainnya tidak terpengaruh.
- b) Predasi (pemangsaan) (+,-); suatu jenis memakan jenis yang lainnya sehingga yang satu memperoleh keuntungan sedangkan lainnya dirugikan.
- c) Parasitisme dalam kategori ini misalnya ayam dengan burung elang dan lain-lain.
- d) Kompetisi (persaingan) (+,-); kedua jenis yang berinteraksi salah satu menderita (dirugikan) misalnya persaingan habitat dan makanan seperti pada tanaman padi dan gulma, sapi, kerbau dan kambing dengan padang rumput.

KEPADATAN POPULASI & INDEKS JUMLAH RELATIF



ANALISIS KEANEKARAGAMAN

Analisis keanekaragaman meliputi parameter keanekaragaman (*diversity*) yang utama yaitu: indeks kekayaan jenis (*index of richness*), indeks keanekaragaman (*index of diversity*), indeks pemerataan (*index of evenness*), indeks dominansi jenis (*index of dominance*) (Karmana, 2010).

Indeks Keanekaragaman (*Index of Diversity*)

Menurut Odum (1993) merayakan bahwa keragaman ditentukan oleh dua hal yaitu kekayaan jenis dan tingkat keasaman. Indeks keanekaragaman yang umum digunakan adalah indeks keragaman Shanon-Wiener (Southwood, 1978; Ludwig & Renold, 1988) yaitu:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Dimana,

H = Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

P_i = Jumlah individu suatu jenis/ jumlah total seluruh jenis
(n_i/N)

n_i = Jumlah total individu jenis ke-i

N = Jumlah total individu

s = Jumlah seluruh spesies atau jenis

Kriteria untuk nilai keanekaragaman menurut Shannon-Wiener yang dimodifikasi oleh Suana & Haryanto (2007) sebagai berikut:

Tabel 4.1 Kisaran nilai dan tingkat keanekaragaman jenis

No	Kisaran Nilai Keanekaragaman Jenis (H')	Tingkat Keanekaragaman Jenis
1	$H' < 1$	Sangat rendah
2	$1 < H' < 3$	Rendah
3	$2 < H' < 4$	Sedang
4	$3 < H' < 4$	Tinggi
5	$H' > 4$	Sangat tinggi

Indeks Kekayaan Jenis (Index of Species Richness)

Indeks kekayaan jenis yaitu jumlah total jenis dalam satu komunitas. Indeks kekayaan jenis tergantung dari ukuran sampel (dan waktu yang diperlukan untuk mencapainya), ini dibatasi sebagai indeks komperatif, karena sejumlah indeks diusulkan untuk menghitung kekayaan jenis yang tergantung pada ukuran sampel. Ini disebabkan karena hubungan antara jumlah jenis dan jumlah total individu yang diobservasi, jumlah individu jenis yang meningkat dengan meningkatnya ukuran sampel.

Indeks Kekayaan Jenis menurut Margalef (Ludwig & Renold, 1988):

$$R = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Dimana:

R = Indeks kekayaan jenis

S = Jumlah jenis

N = Jumlah individu jenis

Kriteria untuk Nilai Kekayaan Jenis (R) menurut Maguran (1998) sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kisaran nilai dan tingkat kekayaan jenis

No	Kisaran Nilai Kekayaan Jenis (R)	Tingkat Kekayaan Jenis
1	$R < 3,5$	Rendah
2	$3,5 < R < 5,0$	Sedang
3	$R > 5$	Tinggi

Sumber: Maguran (1988)

Indeks Dominasi

Indeks dominasi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai jenis individu yang mendominasi pada suatu komunitas tertentu. Dominasi merupakan perbandingan antara jumlah individu dalam suatu jenis dengan jumlah total individu dalam seluruh jenis. Indeks dominasi Simpson (Ludwig & Reynolds 1988) ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut.

$$D = \sum_{i=1}^s (ni/N)^2$$

Dimana:

D = Indeks dominasi

ni = Jumlah individu tiap jenis

N = Jumlah individu seluruh jenis

Indeks dominasi berkisar antara 0 – 1, semakin kecil nilai indeks dominasi (mendekati 0), maka menunjukkan bahwa tidak ada jenis yang mendominasi sebaliknya semakin besar indeks dominasi (mendekati 1), maka menunjukkan ada jenis tertentu yang mendominasi . Disamping itu nilai indeks dominasi menggambarkan pola dominasi jenis dalam komunitas. Nilai indeks dominasi yang tinggi menunjukkan indeks keragaman yang rendah. Komunitas yang terkendali secara biologi sering dipengaruhi oleh satu jenis tunggal atau satu kelompok jenis yang mendominasi lingkungan dan organisme tersebut dominan (Odum 1993).

Kemerataan Jenis

Keanekaragaman suatu komunitas tergantung pada jumlah jenis dan tingkat kesamaan. Tingkat kesamaan adalah distribusi seluruh individu yang ada dalam suatu komunitas (Odum 1993). Indeks kemerataan jenis menurut Pielou (1984):

$$E = H' / \ln S$$

Dimana:

E = Indeks pemerataan jenis

H' = Indeks keragaman jenis

S = Jenis seluruhnya

Kisaran indeks pemerataan antara 0 – 1. Semakin kecil nilai pemerataan (mendekati nol) menunjukkan bahwa penyebaran bahwa individu tiap jenis tidak sama. Sebaliknya nilai kesamaan semakin besar (mendekati 1) maka populasi menunjukkan pemerataan (jumlah individu tiap genus dapat dikatakan sama atau tidak jauh berbeda) (Odum 1993). Menurut Rohman (2008) menyatakan bahwa nilai $E < 1$ berarti kelimpahan individu dari setiap takson (jenis, ordo dan famili) yang ditemukan tidak merata.

Kesamaan Jenis

Kesamaan jenis bertujuan untuk menentukan struktur komunitas antar dua ekosistem yang dibandingkan dengan menggunakan rumus indeks kesamaan Sorensen atau Indeks Sorensen / IS (Suin, 1989)

$$IS = \{2j / (a+b)\} \times 100\%$$

Dimana:

IS = Indeks kesamaan komunitas

J = Jumlah jenis yang sejenis pada kedua tipe lahan

a = Jumlah jenis pada lahan a

ANALISIS KEANEKARAGAMAN

b = Jumlah jenis pada lahan b

Nilai IS dengan satuan persen (%) menunjukkan bahwa nilai tersenut persentase jenis yang sama pada kedua habitat, sedangkan selisih nilai tersebut dengan 100% menunjukkan persentase jenis yang berbeda yang terdapat pada komunitas pada kedua habitat yang dibandingkan. Indeks kesamaan maksimum 100%, yang berarti bahwa pada kedua habitat yang dibandingkan semua jenis yang terdapat sama.

ANALISIS KEANEKARAGAMAN



NERACA KEHIDUPAN (*LIFE LABEL*)

NERACA KEHIDUPAN

Populasi di alam tidaklah tersusun atas umur yang seragam, demikian pula dengan ukuran badannya, dan kemampuan makan. Contoh paling nyata adalah pada hewan yang mengalami metamorfosis, baik yang sempurna maupun yang tidak sempurna. Dalam hidupnya mempunyai fase perkembangan (telur, larva, pupa, imago), yang dalam masing-masing fase perkembangan masih pula dapat dibedakan pada kelompok umur tertentu, misalnya: larva instar I, II dan sebagainya.

Untuk memberikan gambaran tentang neraca kehidupan, diberikan contoh kohort/ cohort nyamuk, yang datanya secara hipotetik menggambarkan pertumbuhan populasi nyamuk pada kolom percobaan dengan populasi awal 500 telur nyamuk. Terhadap telur tersebut dilakukan pengamatan setiap hari untuk mengetahui perkembangan populasinya ke 500 telur nyamuk tersebut merupakan populasi yang terdiri dari suatu gugus individu yang dianggap berasal dari kelas umur yang sama (*cohort*).

Tabel 5.1 Jumlah individu *cohort* nyamuk yang hidup di Kutub Utara

X (t)	a_x	l_x	d_x	q_x
Hari pengamatan = kelas umur	-2	-3	-4	-5
	Jumlah individu yang hidup	Proporsi individu yang hidup	Jumlah individu yang mati	Proporsi individu yang mati
0	500	1,00	20	0,04
1	480	0,96	30	0,006
2	450	0,90	0	0,07
3	450	0,90	30	0,06

NERACA KEHIDUPAN

4	420	0,84	110	0,26
5	310	0,62	110	0,35
6	200	0,40	20	0,10
7	180	0,36	30	0,17
8	150	0,30	125	0,83
9	25	0,05	25	1,00
10	0	0	0	0

-
- $1x$: jumlah individu setelah distandarkan untuk masing-masing umur (10 dapat dibuat 1, 10, 100, dsb).
 - $Dx = 1x - 1_{x+1}$: jumlah individu yang mati (mortalitas) pada KU (data pengamatan) $q_x = dx/ax$ atau $q_x = 1x - 1_{x+1} / 1x$ proporsi individu yang mati pada KU_x terhadap jumlah individu yang hidup pada KU_x
 - Selanjutnya neraca kehidupan cohort nyamuk akan dilengkapi dengan kolom-kolom berikut:
 - $Lx = (1x + 1_{x+1}) / 2$: jumlah rata-rata individu pada KU_x dan KU berikutnya $x+1$ kolom 7 : jumlah individu yang hidup pada $KU_x = 0 \dots w$ ($X = W$ adalah kelas umur terakhir)
 - $Cx = Tx / 1x$: Harapan hidup individu pada setiap KU_x (kolom 8 dan 9)
 - Mx : Keprediksian spesifik individu pada KU_x adalah banyaknya anak betina per kapita yang lahir pada KU_x (kolom 9)
 - $1xmx$; Perkalian $1x$ dengan mx untuk setiap KU_x adalah banyaknya anak yang lahir pada KU_x (kolom 10)

NERACA KEHIDUPAN

Tabel 5.2 Neraca kehidupan *Cohort* Nyamuk

A	ax	1x	dx	qx	Lx	Tx	ex	m x	1xm x	X1xm x	Px
	50	1	20	0,0	0,9	5,1	5,8				0,9
0	0			4	8	3	3	0	0	0	5
	48	0,9	30	0,0	0,9	4,8	5,0				0,9
1	0	6		6	3	5	5	0	0	0	7
	45	0,9	0	0,0		3,9	4,3				0,9
2	0			7	0,9	2	7	0	0	0	7
	45	0,9	30	0,0	0,8	3,0	3,3				0,8
3	0			6	7	2	6	0	0	0	4
	42	0,8	11	0,2	0,7	2,1	2,5				
4	0	4	0	6	3	5	6	0	0	0	0,7
	31	0,6	11	0,3	0,5	1,4	2,2				
5	0	2	0	5	1	2	9	0	0	0	0,5
	20	0,4	20	0,1	0,3	0,9	2,2				0,8
6	0			0	8	1	7	8	3,2	19,2	7
	18	0,3	30	0,1	0,3	0,5	1,4				0,5
7	0	6		7	3	3	7	2	0,72	5,04	3
	15	0,3	12	0,8	0,1		0,6				0,1
8	0		5	3	7	0,2	7	2	0,6	4,8	4
		0,0	25	1,0	0,0	0,0					
9	25	5		0	2	2	0,5	1	0,05	0,45	0
1		0	0	0							
0	0				0	0	0	0		0	0
					5,8						
Σ					2				4,57	29,49	

- Jumlah pada kolom 10 merupakan proporsi banyaknya anak betina dilahirkan oleh semua individu betina sepanjang

NERACA KEHIDUPAN

generasi cohort nyamuk dan disebut laju reproduksi bersih (R_0)

- $1xmx$: perkalian $X_x 1x$ dan m_x untuk setiap KU_x (KOLOM 11) digunakan untuk mengaprokimasikan lamanya generasi (T_0)
- P_x : peluang survival : proporsi individu yang hidup pada KU_x dan dapat mencapai $KU (X+1)$ Parameter ini digunakan dalam **metric proyeksi Leslie** untuk memprediksi pertumbuhan populasi secara diskrit.

Contoh perhitungan neraca kehidupan (Sunjaya, 1970). Data yang diperlukan berupa jumlah individu dari setiap kelas umur, *life table* disusun atas beberapa kolom yang menerangkan :

1. L_x adalah jumlah individu pada kelas umur x , biasanya dinyatakan jumlah individu yang hidup pada nilai tengah dari kelas umur x . Sebagai contoh lihat Tabel 1., 33 individu diasumsikan berumur 0,5 tahun ,walaupun pada kenyataannya 33 individu tersebut umurnya antara 0-1 tahun.
2. H_x adalah jumlah individu yang hidup pada awal atau permulaan kelas umur x , oleh karena itu L_x dapat dinyatakan ;

$$L_x = (H_x + H_{x+1})/2$$

$$H_x = 2L_x - H_{x+1}$$

Pada contoh yang terdapat dalam Tabel 1.1

$$L_0=33, L_1=16, L_2=9, L_3=4, L_4=1, L_5=0$$

NERACA KEHIDUPAN

Pada saat $l_5 = 0$, di dapat menyatakan $H_5 = 0$, kemudian dengan menggunakan rumus :

$$H_x = 2L_x - H_{x+1}$$

Maka didapat,

$$H_5 = 0,$$

$$H_4 = 2(1) - 0 = 2,$$

$$H_3 = 2(4) - 2 = 6$$

$$H_2 = 2(9) - 6 = 12$$

$$H_1 = 2(16) - 12 = 20$$

$$H_0 = 2(33) - 20 = 46$$

Tabel 5.3 Contoh perhitungan neraca kehidupan

Umur	x	L_x	H_x	d_x	q_x	S_x	T_x	e_x
0-1	0	33	46	26	0,57	0,43	63	1,37
1-2	1	16	20	8	0,40	0,60	30	1,50
2-3	2	9	12	6	0,50	0,50	14	1,117
3-4	3	4	6	4	0,67	0,33	5	0,83
4-5	4	1	2	2	1	0,00	1	0,50
5-6	5	0	0					

3. Jumlah individu dalam populasi yang mati dalam interval x adalah

$$d_x = H_x - H_{x+1}$$

NERACA KEHIDUPAN

sehingga didapat,

$$d_0 = 46 - 20 = 26$$

$$d_1 = 20 - 12 = 8 \text{ dan seterusnya}$$

catatan bahwa jumlah total d_x harus sama dengan h_0 , pada contoh diatas

$$\sum d_x = H_x = 46$$

4. Laju mortalitas pada umur x (q_x) adalah perbandingan jumlah individu yang mati pada suatu interval umur x dengan jumlah individu hidup pada saat awal suatu interval umur x .

$$q_x = d_x / H_x$$

atau dinyatakan sebagai kemungkinan individu yang mati selama interval umur x . Contoh $q_0 = 26/46 = 0,57$

5. Laju survival pada umur x , adalah perbandingan antara jumlah individu yang hidup pada saat awal suatu interval umur x atau disebut juga kemungkinan individu yang survive pada interval umur x .

$$S_x = 1 - q_x$$

$$\text{Contoh: } S_0 = 1 - 0,57 = 0,43$$

6. Menghitung umur harapan hidup (umumnya untuk manusia) sebagai berikut :

$$T_x = \sum L_x$$

NERACA KEHIDUPAN

$$T_x = L_x + T_{x+1}$$

T_x adalah sisa waktu yang diperlukan oleh semua individu untuk hidup dari umur x sampai menemui ajalnya. Contoh $T_4 = L_4 = 1$ tahun, $T_3 = L_3 + T_4 = 4 + 1 = 5$ tahun

7. Kemudian harapan hidup untuk satu individu pada umur x adalah $e_x = T_x/H_x$ contoh $e_0 = 63/46 = 1,37$ tahun dan seterusnya

untuk keperluan studi perbandingan antar populasi maka jumlah individu mati (d_x) atau yang survive (H_x) harus dinyatakan dalam jumlah 100 atau 1000.

Misalnya pada contoh di atas $H_0 = 46$ bila dinyatakan dalam 100 maka H_1 menjadi $(20/46) \times 100 = 43,5$ dan seterusnya untuk nilai H yang lain harus dinyatakan secara relatif terhadap 100 sehingga bila dimulai dengan $H_0 = 100$ maka $\sum d_x = 100$



**BENTUK-BENTUK
PERTAHANAN SERANGGA**

PERTAHANAN SERANGGA

Makhluk hidup melakukan penyesuaian diri terhadap lingkungan di sedir habitat tempat hidupnya tidak terkecuali manusia. Adaptasi yang dilakukan makhluk hidup bertujuan untuk dapat bertahan hidup dari kondisi lingkungan yang mungkin kurang menguntungkan. Juga setiap makhluk hidup/organisme mempunyai musuh atau musuh alami, untuk itu perlu pertahanan diri untuk menghadapi serangan dari musuh alaminya. Dalam mempertahankan diri, selain mempunyai kemampuan secara fisik, seperti berlari, terbang, meloncat, berenang atau menyelam, serangga juga mempunyai perilaku pertahan diri yang lain seperti aposematik, cripsis ataupun mimikri. Di bawah ini adalah merupakan beberapa bentuk pertahanan serangga.

Aposematik dan Allomon

Pernah melihat serangga yang berwarna-warni cerah, entah itu kupu-kupu, capung, kepik, dan sebagainya? Apa kesan pertama anda pada mereka? Indah bukan? Tetapi, mungkin juga akan mempunyai pertanyaan: Untuk tujuan apa mereka mempunyai warna yang indah tersebut? Sementara serangga lain mempunyai warna sebaliknya: kusam, kelam, dan tidak menarik?



Nimfa kepik *Lygaeus kalmii* pada tumbuhan *milkweed*



Capung *Sympetrum*

Gambar 6.1 Contoh serangga dengan warna cerah
(<https://ilmuserangga.wordpress.com/2010/08/>)

Fungsi warna cerah bagi serangga (Aposematik warna)

Meskipun pewarnaan pada tubuh organisme, termasuk serangga merupakan hal yang umum, hal ini masih menyisakan pertanyaan, bahkan debat yang berkepanjangan di antara ahli biologi. Di satu sisi, warna cerah pada tubuh berguna sebagai pemikat lawan jenis untuk diajak kawin. Nah, di sinilah teka-teki tersebut timbul. Meskipun warna cerah berguna untuk tujuan tersebut, namun bukankah warna cerah juga menjadi penanda yang sangat jelas keberadaan mereka di alam. Jika organisme yang berwarna kusam begitu sempurna tersamar di lingkungannya, maka

organisme dengan warna cerah justru terlihat amat jelas oleh pemangsanya. Hal ini tentunya sangat berbahaya bagi mereka.

Menurut situs wikipedia, warna cerah sering dihubungkan dengan mekanisme *Warning Coloration* (pewarnaan tubuh untuk memperingatkan) atau *Aposematisme* (*Apo*—berarti menjauh/mengusir, dan *Sematic* berarti peringatan). Umumnya, warna oranye, merah, kuning yang kontras dengan warna hitam pada serangga merupakan petunjuk bahwa serangga tersebut beracun, atau minimal berasa tidak enak. Menariknya, demikian kuatnya pengaruh warna ini bagi sekelompok serangga tertentu, sehingga beberapa kelompok yang lain meniru atau menyamar sesuai dengan warna dari kelompok serangga yang memang benar-benar berbahaya tersebut (silakan baca tulisan sebelumnya “Mimikri pada serangga: Strategi untuk bertahan!”).

Sejarah penelitian tentang *warning coloration*

Fenomena *warning coloration* ini mula-mula ditemukan oleh Alfred R. Wallace, dan kemudian oleh E.B. Poulton yang kemudian menyimpulkan bahwa predator yang sudah terlatih cenderung menghindari memangsa organisme yang mempunyai warna cerah. Dalam sebuah surat yang ditulisnya kepada Darwin pada tahun 1870-an, Wallace sudah berpendapat bahwa warna-warna cerah pada organisme kemungkinan menjadi semacam “peringatan” bagi calon pemangsa, bahwa organisme tersebut tidak enak dimakan (*unpalatable*).

Beberapa penelitian telah menguak sebagian misteri *warning coloration* pada serangga ini. Misalnya, penelitian Gamberalla & Tullberg (1998) dan Hatle & Salazar (2001) menjelaskan bahwa perilaku *gregariousness* (berkelompok) mempunyai efek positif terhadap *warning coloration*, yaitu memperkuat sinyal peringatan kepada calon pemangsa bahwa mereka beracun! Penelitian Hatle & Salazar (2001), bahkan menyebutkan bahwa perilaku berkelompok mampu memperlambat proses pemangsaan oleh musuh alami. Penelitian lain juga menjelaskan bahwa mekanisme pemangsaan oleh pemangsa pada serangga-serangga berwarna cerah ini ternyata sangat kompleks, terutama setelah melalui proses belajar (*learning*) dan mengingat (*memorizing*). Penelitian Lynn (2005) menjelaskan bahwa hubungan antara mangsa dan pemangsanya selalu diiringi oleh proses *learning (memorizing)* dan sekaligus *forgetting*. Sherratt (2002) kemudian mengembangkan teori bahwa mangsa yang berwarna-warni cerah (*thus*, kelihatan jelas) mampu bertahan lebih baik (karena dikenali sebagai mangsa yang tidak enak/ berbahaya) dibandingkan mangsa yang tersembunyi/ tersamar (*cryptic*) yang dianggap tidak berbahaya. Artinya, menurut Sherratt (2002), strategi *warning coloration* dapat jadi lebih hebat daripada strategi penyamaran (misalnya warna yang selaras dengan warna daun pada belalang daun).

Bagaimana pengaruh “racun” (allomon) tersebut pada musuh alami?

Pertanyaan yang timbul juga adalah: Jika jaringan tubuh serangga tersebut beracun, bagaimana dong dengan pemangsaan oleh musuh alaminya? Apakah serangga-serangga ini tidak mempunyai musuh alami? Atau musuh-musuh alami tersebut sudah beradaptasi dengan serangga-serangga berwarna cerah ini?

Secara fisiologis, racun yang terdapat pada serangga-serangga beracun tersebut diperoleh dari pakannya. Misalnya, ulat *Junonia coenia* (Lepidoptera: Nymphalidae) memperoleh senyawa *iridoid glycosides* yang diperolehnya dari tumbuhan *Plantago lanceolata*. Atau ulat kupu-kupu raja, *Danaus plexippus* (lihat tulisan sebelumnya: “Migrasi jarak jauh: Strategi bertahan hidup ala serangga”) yang memperoleh senyawa *cardiac glycoside* dari tumbuhan *milkweed* (*Asclepias* sp). Beberapa serangga kemudian akan melepaskan senyawa-senyawa tersebut ketika diserang. Larva tawon gergaji (Hymenoptera: Tenthredinidae) misalnya, mengeluarkan senyawa tersebut melalui lubang-lubang kecil di antara ruas-ruas tubuhnya ketika diserang, dan fenomena ini disebut *reflex bleeding*. Hal yang sama dilakukan oleh kumbang koksi ketika diserang oleh predator.



Gambar 6.2 *Reflex bleeding* pada kumbang koksii
(<https://ilmuserangga.wordpress.com/2010/08/>)

Penyerapan senyawa beracun oleh serangga pemakan tumbuhan tersebut belum jelas. Namun, beberapa ahli menduga bahwa secara umum, serangga-serangga tersebut mampu menyerap dan menyimpan racun tersebut pada bagian tertentu tubuhnya, dan kemudian “digunakan” jika diperlukan.

Sebagaimana organisme lain, serangga-serangga beracun yang dikaruniai warna cerah ini juga mempunyai musuh alami spesifik, yang mampu meminimalkan efek beracun pada tubuhnya. Sementara, musuh alami polifaga (mempunyai jangkauan inang lebar) kemungkinan akan mengalami kesulitan memangsa serangga-serangga tersebut. Salah satu mekanisme yang digunakan oleh

musuh alami khas untuk meminimalkan dampak racun dari mangsanya disebut mekanisme “penurunan dampak racun pada tubuh”. Pada penelitian yang dilakukan oleh Brower (1969), Roeske *et al.* (1976), Rothchild (1975) dan Reichstein *et al.* (1968), burung *blue-jay* (*Cyanocitta cristata bromia*) diberi pakan kupu-kupu *D. plexippus*. Begitu makan, segera burung ini memuntahkan kembali sang kupu-kupu, dan selanjutnya menolak untuk mengulangi memakan kupu-kupu ini. Para peneliti ini menduga bahwa burung *blue-jay* mungkin belajar dan mengingat bahwa warna cerah pada kupu-kupu raja berkaitan erat dengan rasa tidak enak kupu-kupu tersebut. Penelitian lain kemudian membuktikan adanya fenomena peng-kopi-an ciri warna kupu-kupu raja ini oleh kupu-kupu lain yang sebenarnya tidak beracun untuk menghindari pemangsa oleh musuhnya. Namun, dua jenis burung yaitu *Icterus abeillei* dan *Pheucticus melanocephalus* mampu mengurangi kepekaan tubuh terhadap efek racun kupu-kupu raja, sehingga mereka mampu memangsa kupu-kupu raja ini.

Cripsis dan Mimikri

Pengertian *Cripsis* (Kamuflase) dan Mimikri

Cripsis atau penyamaran atau kamuflase merupakan kombinasi dari morfologi yang dimilikinya, seperti warna, struktur dan perilaku untuk menyamar menjadi daun, ranting, kayu, organisme atau bentuk-bentuk lainnya, sehingga musuh alaminya tidak mengetahui keberadaannya

Perubah warna yang sangat terkenal, *Chameleon* (bunglon), merubah warna kulitnya dengan mekanisme yang sama. Perubahan dimulai ketika mata mengamati lingkungan sedir. Respon dari mata kemudian disampaikan ke otak, dan otak menggerakkan otot-otot chromatophore sehingga merubah warna kulit tubuh menyerupai sedirnya.

Tapi perubahan warna kulit demi tujuan untuk kamuflase. Beberapa species *Chameleon* merubah warna kulitnya lebih karena perubahan *mood*. Bukan karena mereka bergerak ke lingkungan dengan nuansa warna yang berbeda. Perubahan *mood*, seperti terkejut, stress, takut, birahi, diekspresikan dengan perubahan warna kulit tubuhnya.

Menurut ensiklopedia Encarta (2005), *mimikri* didefinisikan sebagai pemiripan atau peniruan secara fisik atau perilaku oleh satu jenis terhadap jenis yang lain yang menguntungkan dirinya, atau secara tidak langsung juga keduanya. Organisme yang “meniru” disebut *mimik*, sedangkan organisme yang “ditiru” disebut *model*. Di alam ini, cukup banyak jenis organisme, baik tumbuhan maupun hewan yang melakukan mimikri untuk tujuan pertahanan maupun mendapatkan pakan. Serangga adalah salah satu jenis hewan yang melakukan mimikri, dan pada banyak kasus terbukti efektif.

Perbedaan Mimikri dengan Kamuflase

Mimikri adalah proses adaptasi dimana warna kulit hewan berubah sesuai dengan tempatnya ia singgahi untuk melindungi diri dari predator dan mencari mangsanya

PERTAHANAN SERANGGA

Kamuflase adalah proses adaptasi yang menyamakan atau menyeragamkan warna kulit dengan lingkungan sedirinya untuk melindungi diri dari predator atau untuk mencari makan.



The moth *Datana* sp. (*Notodontidae*) mimics the rain forest floor



The praying mantis *Hymenopus coronatus* uses its elegantly-lobed hind legs and pink and white coloration to camouflage itself amongst the native orchid flowers

Gambar 6.3 Kamuflase pada belalang daun dan belalang sembah (<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)

Fenomena mimikri sendiri diteliti untuk pertama kalinya oleh Henry Walter Bates, seorang ahli alam dari Inggris pada tahun 1862 pada kupu-kupu di hutan Brasilia. Sampai saat ini dikenal ada beberapa jenis mimikri pada serangga, dan beberapa jenis yang terkenal adalah (1) mimikri Batesian, yang merujuk pada nama H.W. Bates, sang peneliti pertama fenomena ini, (2) mimikri Mullerian, (3) mimikri Browerian (mirip mimikri Batesian namun terjadi pada individu-individu di dalam satu jenis), dan (4) mimikri Peckhamian (mimikri agresifitas) (Schultz, 2018).

Mimikri adalah teknik manipulasi warna kulit pada binatang seperti misalnya bunglon yang dapat berubah-ubah sesuai warna benda di sekitarnya agar dapat mengelabui binatang predator / pemangsa sehingga sulit mendeteksi keberadaan bunglon untuk dimangsa. Jika bunglon dekat dengan dedaunan hijau maka dia akan

PERTAHANAN SERANGGA

berubah warna kulit menjadi hijau, jika dekat batang pohon warna coklat, dia juga ikut ganti warna menjadi coklat, dan lain sebagainya.



Gambar 6.4 Mimikri pada beberapa hewan
(<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)

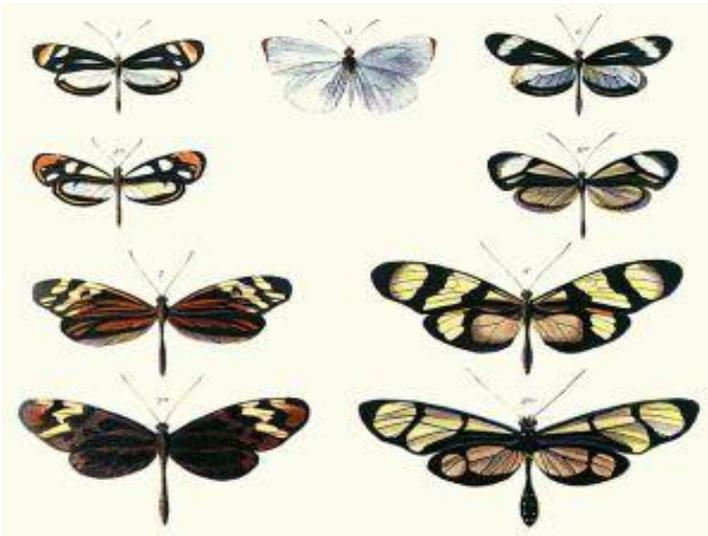
Macam-macam Mimikri

1. Mimikri Batesian

Mekanisme dari mimikri ini adalah peniruan oleh serangga peniru yang tergolong tidak berbahaya pada model-model serangga yang tergolong berbahaya atau beracun. Contoh yang cukup terkenal adalah lalat syrphid genus *Eristalis* spp. yang morfologi dan

PERTAHANAN SERANGGA

perilakunya amat mirip dengan lebah jenis *Apis mellifera* (Golding & Edmunds, 2000). Pada penelitian yang dilakukan keduanya, sang lalat syrphid terbukti mampu menirukan perilaku lebah dengan sangat mirip dari aspek waktu kunjungan ke bunga tumbuhan-tumbuhan tertentu, di samping memang secara morfologis sangat mirip. Contoh lainnya, misalnya pada kumbang staphylinid *myrmecophilous*, *Pella comes* yang mampu menirukan morfologi semut inangnya, dan bahkan menghindarkannya dari pemangsaan oleh predator (katak pohon) (Taniguchi *et al.*, 2005).



Gambar 6.5 Mimikri Batesian pada ngengat Nymphalidae (<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)



Gambar 6.6 Mimikri Batesian pada Ular Karang atau Coral Snake (<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)

Ular karang atau *Coral Snake* (seperti yang ada di sebelah kiri foto) tidak agresif tetapi memiliki racun yang sangat kuat. Ular susu atau Milk Snake, tidak berbahaya tetapi mendapat manfaat dari pewarnaan yang mirip dengan sepupu berbahaya mereka.



Gambar 6.7 Mimikri Batesian pada larva Spicebush Swallowtail (<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)

Ketika Anda memiliki predator umum, seperti burung, ada baiknya untuk menjadi (atau terlihat seperti) ular. Larva *Spicebush Swallowtail* yang luarbiasa ini (kiri) meniru pola dan perilaku ular hijau umum (kanan); ulat pintar ini akan menaikkan bagian depan tubuh mereka yang terlihat seperti ular saat menyerang, dan mereka bahkan tetap mengeluarkan organ yang terlihat seperti lidah ular.

1. Mimikri Mullerian

Pada mulanya, fenomena mimikri Mullerian dianggap sebagai mimikri Batesian. Namun, kemudian fenomena mimikri Mullerian adalah fenomena yang berbeda sama sekali dengan mimikri Mullerian. Pada mimikri Mullerian, dua jenis yang sebenarnya sama-sama beracun atau berbahaya berbagi sinyal warna tubuh (berbahaya!) yang biasanya berupa warna-warna cerah (*aposematic* atau *warning coloration*, akan dibahas kemudian). Ahli alam Jerman, Fritz Muller menjelaskan bahwa keuntungan dari fenomena mimikri ini adalah, bahwa jika dua jenis berbagi sinyal aposematik, maka hal ini akan membingungkan predator-predator kedua jenis yang melakukan mimikri tersebut. Jenis-jenis yang berbagi tersebut disebut sebagai anggota dari *kompleks Mullerian*. Contoh dua jenis yang melakukan mimikri Mullerian adalah Kupu-kupu Raja, *Danaus plexippus* dan Kupu-kupu Viceroy, *Limenitis archippus* yang sama-sama berasa tidak enak, yang berbagi pola warna tubuh dan perilaku (Taniguchi *et al.*, 2005)

PERTAHANAN SERANGGA

Mimikri Müllerian, teori yang diterima secara luas pada tahun 1878 ini diajukan oleh naturalis Jerman Fritz Müller. Fenomena ini terjadi ketika kedua jenis sama-sama mendapat manfaat dengan terlihat sama karena keduanya sama-sama tidak menyenangkan bagi predator mereka



Gambar 6.8 Kupu-kupu viceroy (kiri) dan kupu-kupu raja atau monarch (kanan)
(<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)



The unpalatable soldier beetles (*Cantharidae*) mimic the distasteful lycid beetles (*Lycidae*) and, when flying, the wasp



Many stinging wasps, like (from left to right) *Vespula vulgaris*, *Vespula germanica* and *Vespula rufa* share the same or similar black and yellow aposematic colour pattern.

Gambar 6.9 Mimikri Mulerian pada kumbang tentara dan *Vespula vulgaris* (<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)

2. Mimikri Browerian

Fenomena ini dianggap mirip dengan mimikri Batesian, namun terjadi di antara individu dalam satu jenis. Fenomena ini ditemukan oleh Lincoln P. Brower dan Jane Van Zandt Brower, dan disebut juga *automimicry* (Brower dan Van Zandt, 1958).

Mimikri ini muncul pada jenis-jenis kupu-kupu, misalnya kupu kupu *D. plexippus* yang makan tumbuhan milkweed yang kadar racunnya bervariasi. Keuntungan dari mimikri ini adalah, jika predator makan pada beberapa individu larva atau imago, dan kemudian menemukan bahwa salah satu individu berasa sangat tidak enak, maka predator tersebut segera berhenti menyantapnya, dan meninggalkan koloni kupu-kupu tersebut. Artinya, beberapa individu menjadi tumbal bagi keselamatan seluruh individu yang tersisa.

3. Mimikri Peckhamian

Serangga yang menerapkan mimikri jenis ini disebut mimikri Peckhamian merujuk pada penemunya, George dan Elizabeth Peckham akan meniru ciri-ciri serangga yang tidak berbahaya atau mungkin berguna untuk “menipu” inang atau mangsanya, sehingga memudahkannya memangsa tanpa dicurigai oleh anggota koloni mangsanya.

Contohnya misal pada tiga jenis lalat syrphid predator genus *Microdon* yang meniru pupa semut inangnya (genus *Camponotus* dan *Formica*). Pengamatan oleh Garnett *et al.* (1985) membuktikan bahwa larva instar 1 dan 2 *Microdon* mampu menirukan morfologi, bahkan “bau” khas pupa kedua jenis semut tersebut dengan sangat mirip, sehingga memungkinkan mereka dapat memangsa pupa-pupa semut tersebut. Contoh lain adalah pada kunang-kunang *Photuris* betina yang mampu mengeluarkan pola kerlip cahaya yang mirip dengan pola kerlip cahaya kunang-kunang jenis *Photinus*. Akibatnya, kunang-kunang jantan *Photinus* terpicat oleh ajakan kawin *Photuris*, yang berujung pada maut, karena begitu sampai, sang “betina” ternyata adalah calon pemangsanya! Yang lebih hebat lagi, dengan memangsa *Photinus*, betina *Photuris* akan mendapatkan senyawa steroid *lucibufagins* yang bermanfaat sebagai senyawa pertahanan dari si mangsa (Eisner *et al.*, 1997).



Some spiders like the *Synemosyninae* and the genus *Myrmarachne* mimic ants that they hunt

Gambar 6.10 Mimikri Peckhamian yang terjadi pada laba-laba yang meniru morfologi semut

(<https://www.slideshare.net/Taqiahmad007/visual-mimicry>)

Polimorfisme pada Mimikri

Dalam suatu jenis serangga, ada yang mempunyai perbedaan morfologi, yang merupakan sifat yang nyata yang disertai perbedaan-perbedaan kelakuan, hal ini disebut dengan polimorfisme. Contoh umum dari polimorfisme adalah pada kelompok rayap, morfologi yang beda menunjukkan perilaku dari kehidupan dan fungsi dalam kelompoknya.

Beberapa serangga mengalami perubahan bentuk yang tidak dapat balik pada keturunannya, tapi ada beberapa serangga yang mengalami perubahan bentuk secara siklus yang disebut polimorfisme siklus, seperti terjadi pada jenis tertentu seperti kutu daun dan wereng. Pada kutu daun, perubahan warna atau bersayap-

tidak bersayap terjadi tergantung pada lingkungan dan makanan. Contoh lain dari polimorfisme siklus terjadi pada kepik hijau *Myzus persicae*

Orientasi Serangga

Orientasi serangga adalah perilaku yang merupakan suatu tanggap jika suatu individu mendapat rangsangan, atau suatu kombinasi dari tanggap pembawaan yang dikontrol oleh sistem syaraf pusat dan pengalaman yang lalu (pembelajaran). Tanggap ini akan memberi perubahan pada reaksi dan dipengaruhi oleh kondisi fisiologi di dalam tubuh yang dipengaruhi sistem endokrin.

Perilaku hewan merupakan aktivitas terarah berupa respon terhadap kondisi dan sumber daya lingkungan. Terjadinya suatu perilaku melibatkan peranan reseptor dan efektor serta koordinasi saraf dan hormon. Jenis efektor yang paling berperan adalah otot-otot tubuh.

Perilaku pada hewan rendah seluruhnya ditentukan secara genetik, bersifat khas, terjadi secara otomatis. Pada hewan tinggi banyak mengandung komponen yang tidak bersifat herediter, melainkan proses belajar yang dipengaruhi faktor lingkungan. Pada Invertebrata berupa taksis atau refleks, pada serangga berupa instink dan pada manusia ditentukan oleh komponen belajar dan menalar.

Pembawaan (*Instincts*)

Perilaku terhadap suatu stimulus (rangsangan) tertentu pada suatu jenis, biarpun perilaku tersebut tidak didasari pengalaman lebih

dahulu, dan perilaku ini bersifat menurun. Hal ini dapat diuji dengan menetasakan hewan ditempat terpencil, sehingga apapun yang dilakukan hewan-hewan tersebut berlangsung tanpa mengikuti contoh dari hewan-hewan yang lain. Tetapi hal tersebut tidak dapat terjadi pada hewan-hewan menyusui, karena pada hewan-hewan menyusui selalu ada kesempatan pada anaknya untuk belajar dari induknya.

Tipe-tipe pembawaan

a. Taksis

Adalah berbagai perilaku invertebrata dan vertebrata rendah, berupa gerakan di tempat maupun berpindah tempat dengan jalan berkerut, meregang, membelokkan tubuh dan sebagainya. Stimulus dapat berupa cahaya (foto-), suhu (termo-), sentuhan (tigma-), arus air (reo-) dan sebagainya.

Gerakan yang terarah, yang sifatnya mendekati atau menjauhi suatu rangsangan, jadi dapat bersifat positif atau negatif, sifat taksis ini diantaranya

- Fototaksis, pengaruh sumber cahaya
- Geotaksis, pengaruh tanah
- Thigmotaksis, pengaruh rangsangan kontak atau sentuhan
- Kemotaksis, pengaruh rangsangan kimia
- Termotaksis, pengaruh suatu rangsangan suhu tertentu
- Higrotaksis, pengaruh kandungan air atau kelembaban

Respon perilaku hewan mobil yang berupa gerakan yang terorientasi langsung pada sumber stimulus dan meliputi

gerakan berpindah tempat disebut taksis. Misal termotaksis negative atau tigmotaksis positif. Hewan invertebrata sesil juga perilakunya terorientasi langsung pada sumber stimulus, hanya memeperlihatkan gerakan seluruh atau sebagian tubuhnya tanpa berpindah tempat disebut tropisme. Misal Respon kemotropi negatif Hydra terhadap larutan asam (tentakel dan tubuh mengkerut). Kinesis merupakan gerakan yang tidak terorientasi langsung pada sumber stimulus dan dicapainya situasi akhir terjadi melalui gerakan coba-coba. Misalnya jenis protozoa berpindah tempat karena respon kemikinesis negative.

b. Kinesis

Gerakan yang terarah karena rangsangan dari luar, merupakan gerak acak yang berfungsi sebagai alat menghindarkan diri dari bahaya. Contoh: Pada kecoa yang suka ditempat gelap, ketika lampu nyala, langsung bergerak dengan arah tak tentu.

Tropisme yaitu orientasi dalam suatu arah yang ditentukan oleh arah datangnya rangsangan, pada umumnya terjadi pada tumbuhan. Meskipun tropisme menunjukkan suatu perilaku yang agak tetap, tetapi tidak mutlak. Tetapi tanggapan yang terjadi dapat berbeda terhadap intensitas rangsang yang berbeda. Misalnya: pada cahaya lemah terjadi fototropisme (+), tetapi pada cahaya kuat yang terjadi fototropisme (-)

c. Refleks

Refleks merupakan gerakan otomatis yang terjadi akibat beroperasinya mekanisme reseptor sederhana dan proporsional

terhadap besarnya stimulus. Pada hewan rendah, berbagai aktivitas penting terjadi sebagai seurutan refleks-refleks misal pada lalat.

Refleks merupakan salah satu komponen dasar dari perilaku yang mempunyai nilai kesintasan. Refleks akan menjauhkan hewan dari kondisi membahayakan dan memanfaatkan sumber daya lingkungannya.

Contoh: Capung (Odonata) langsung terbang ketika ditangkap. Kupu-kupu membedakan rasa enak ada pada tarsusnya (bagian dari kaki), jika ada makanan enak, maka secara reflek probosisnya langsung keluar.

Belajar (*learning*)

Suatu proses pembelajaran yang merupakan perubahan adaptif pada perilaku sebagai hasil dari pengalaman di masa sebelumnya. Perilaku yang diperoleh dengan belajar adalah perilaku yang diperoleh atau sudah dimodifikasi karena pengalaman hewan yang bersangkutan yang mengakibatkan suatu perubahan yang tahan lama dan dapat juga bersifat permanen.

Macam-macam corak belajar:

- Habitulasi (pembiasaan), hewan tidak lagi memberikan respon pada suatu stimulus yang tidak memberikan arti dalam kehidupannya. Misal: anak hewan mengindari bunyi/gerakan tiba-tiba, setelah tahu tidak memberikan efek buruk, maka stimulus tidak diacuhkan lagi.

PERTAHANAN SERANGGA

- Pengkondisian, suatu stimulus yang tadinya tidak mengandung arti, setelah melalui pengalaman menjadi penting, yakni terbinanya kesan hubungan antara stimulus dengan ganjaran. Misal respon anjing yang diberi stimulus visual dan auditori.
- *Imprinting* (perekaman), perilaku naluriah mengikuti induk. Misal anak itik yang ditetaskan secara terisolasi, akan terus mengikuti manusia atau objek bergerak yang pertama kali dilihatnya.
- *Imitating* (meniru), suatu individu dalam kelompok akan melakukan gerakan atau aktivitas tertentu yang sama dengan individu lain dalam kelompok. Terjadi pada hewan yang bersifat gregarious.
- *Trial and Error* (coba-coba), eliminasi dari semua stimulus dan respon, kecuali yang relevan, dengan diperolehnya ganjaran atau hukuman. Misalnya anak ayam mematuki sembarang objek, lalu hanya mematuki makanannya saja.
- *Reasoning* (menalar), meliputi terjadinya proses pembinaan suatu kesan hubungan antara objek dengan objek, kejadian dengan kejadian atau objek dengan kejadian, untuk kemudian diwujudkan dalam bentuk respon perilaku yang tepat, tanpa didahului coba-coba. Hanya terjadi pada mamalia tingkat tinggi, misal lumba-lumba, anjing dan kera. Misal kera yang terkurung

mengambil pisang di luar dengan tongkat. Menalar atau belajar konseptual paling baik perkembangannya pada manusia, karena perkembangan bagian korteks otaknya paling baik.

Komunikasi

Komunikasi antar serangga diperlukan diantaranya dalam mendapatkan pasangan, komunikasi terjadi bila salah satunya memberi signal atau isyarat yang dapat berupa signal visual, sentuhan suara, dan kimiawi.

Komunikasi ini dapat dilakukan dalam jarak jauh, biasanya melibatkan alat visual, bahan kimia tersebar di udara, alat pendengar (*auditory*) dan lain-lain. Untuk komunikasi jarak dekat biasanya menggunakan kombinasi beberapa organ perasa.

Jenis komunikasi ini ada yang sifatnya khusus digunakan antar individu dalam suatu jenis (*intraspesifik*) dan ada yang digunakan antar jenis yang berbeda (*interspesifik*).

Komunikasi visual berhubungan dengan penglihatan, seperti kupu-kupu jantan melihat adanya kupu-kupu betina, kunang-kunang jantan yang terbang dan menyala di malam hari, dan komunikasi pada lebah madu yang melakukan tarian-tarian untuk memberi tahu temannya jika menemukan sumber makanan

Komunikasi suara atau *auditory communication* dapat terjadi karena adanya gerakan fibrasi dan gerakan pada alat stimulasi. Alat stimulasi, gerakan menggaruk, seperti pada belalang ketika sayap belakangnya menggaruk femur belakang.

PERTAHANAN SERANGGA

Komunikasi kimia terjadi karena adanya bahan kimia yang mempengaruhi perilaku. Dalam tubuh serangga bahan kimia diproduksi di suatu bagian dan disebarkan ke bagian lain, disebut hormon, dan ada yang dikeluarkan oleh suatu individu untuk mempengaruhi individu lain.

Berdasarkan jenis sasarannya dibedakan menjadi:

1. Senyawa kimia yang dikeluarkan yang ditujukan untuk jenis yang sama, yang disebut *pheromon*, berdasarkan efek yang ditimbulkannya dapat dibedakan lagi menjadi :
 - a. Primer, efek jangka panjang, seperti pada serangga sosial yang disebut *pheromon agregasi*.
 - b. Relaser, efek sesaat, seperti feromone kelamin dan feromon alarm.
2. Senyawa kimia yang dikeluarkan yang ditujukan untuk jenis yang berbeda, berdasarkan keuntungan yang didapatkan oleh pengirim atau penerimanya, dibedakan menjadi :
 - a. **Allomone**, keuntungan untuk pengirim bahan, seperti *venoms, defective compounds*;
 - b. **Kairomone**, keuntungan bagi penerima bahan kimia tersebut, biasanya berhubungan dengan makanan;
 - c. Dalam banyak kasus, bahan kimia yang dikeluarkan bersifat keduanya, sebagai *allomone* dan *kairomone*, menguntungkan pengirim dan penerima pesan, contoh *cantharidin*.

Sarang (pertahanan serangga sosial)

Serangga sosial (sebenarnya) adalah yang membentuk koloni dan mempunyai pembagian kelompok sebagai fungsi yang berbeda (raja, ratu, serdadu, pekerja dan lain-lain).

Serangga sosial ditandai dengan oleh

- kerjasama di antara anggota mereka dalam memelihara yang muda,
- adanya kasta-kasta mandul, dan
- adanya generasi yang tumpang-tindih.

Serangga sosial terjadi pada rayap (Isoptera), lebah dan semut (Hymenoptera).

Ada juga serangga yang sifatnya prasosial yaitu koloni serangga dengan satu atau dua sifat serangga sosial, seperti grup lain (Hemiptera) memiliki beberapa jenis yang tetuanya menjaga keturunannya, dan Embioptera merupakan salah satu grup yang membuat sarang (untuk “rumah tinggal” bagi seluruh populasi).

Dalam menghadapi berbagai tantangan dari faktor luar seperti cuaca yang ekstrim dan serangan musuh, serangga-serangga terutama serangga sosial seperti rayap, semut juga lebah akan membuat sarang, yang mereka gunakan untuk pelindung terhadap keganasan faktor luar tersebut. Sarang-sarang tersebut dibuat dari berbagai macam bahan.

Sarang Rayap

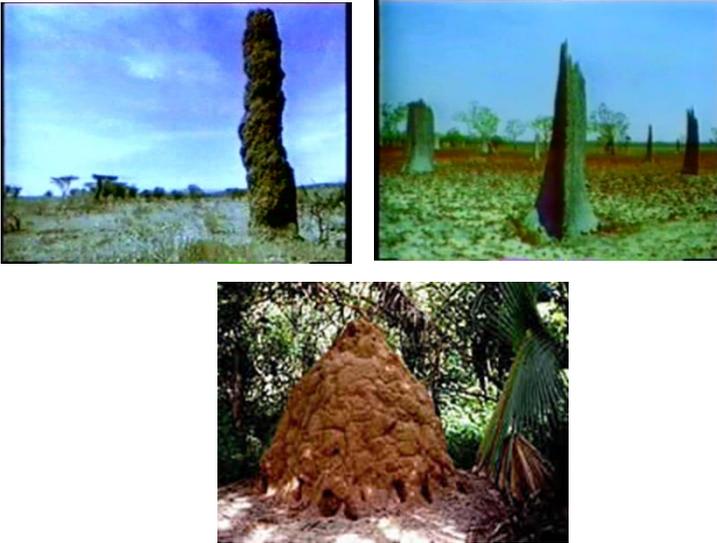
Sarang rayap dibangun dari bata-bata kecil yang terbuat dari tanah liat yang mereka lekatkan dengan air liur mereka. Tinggi sarang ini dapat mencapai 3 – 4 m dalam sarang ini terdapat jutaan rayap dan terdapat banyak lorong-lorong kecil. Dilihat dari penampang melintang dari sarang ini, disini ada bilik khusus untuk ratu, areal pertanian tempat mereka bertanam jamur, gudang penyimpanan dan lorong-lorong pengatur kondisi udara., karena yang paling penting keadaan dalam sarang adalah kestabilan suhu dan keseimbangan kadar air. Untuk pengatur kondisi udara ini terdapat atap-atap papan parallel yang terbuat dari lumpur yang berfungsi menyerap air yang dikeluarkan oleh tubuh rayap, akibat panas di dalam sarang sehingga air yang diserap akan menguap melalui celah-celah atap. Dengan penguapan tersebut suhu dalam sarang menjadi turun dan menjamin kesinambungan sirkulasi udara.



Gambar 6.11 Sarang dan penampang melintang sarang rayap (<https://dokterrayap.com/2014/09/06/sarang-rayap-karya-arsitektur-yang-mengagumkan/>)

PERTAHANAN SERANGGA

Bentuk sarang yang dibuat mereka berbeda-beda pada tiap jenisnya masing-masing memiliki ciri2 yang khas sesuai dengan pola kebiasaan yang sifatnya genetik. Ada yang berbentuk seperti segitiga tumpul. Sementara rayap dari jenis lainnya ada yang memiliki bentuk seperti pisau belati.



Gambar 6.12 Beberapa bentuk sarang rayap
(<https://dokterrayap.com/2014/09/06/sarang-rayap-karya-arsitektur-yang-mengagumkan/>)

Bentuk-bentuk ini memiliki posisi sudut tertentu terhadap matahari, dan pada siang hari saat matahari berada di puncak ketinggian, sangat sedikit permukaan sarang yang menghadap matahari. Dengan demikian panas yang diterima juga minimum.

Pada rayap-rayap ini tugas pertahanan sarang dilakukan oleh kasta tentara (prajurit), termasuk melindungi habitat yang

PERTAHANAN SERANGGA

ada didalamnya. Kasta-kasta tentara ini dapat jantan atau betina, mereka sesungguhnya memiliki penglihatan yang lemah atau buta. Lalu timbul pertanyaan, bagaimana cara mereka melindungi sarang-sarangnya. Individu-individu tentara ini biasanya memiliki modifikasi morfologi pada beberapa bagian tubuhnya, dengan modifikasi itu mereka mampu melindungi sarang dari serangan musuh.



Gambar 6.13 Nasute pada kasta tentara
(<https://www.agefotostock.com/age/en/details-photo/nasute-termites-soldiers-and-workers-nasutitermes-sp-manaua-amazonas-brazil/AAM-AAES59658>)

Misalnya,

- Ada yang memiliki rahang kecil tetapi kuat dengan rostrum yang panjang atau disebut **Nasute**, mereka melindungi sarang dengan menggigit dan mengeluarkan bahan kimia.
- Atau jenis *Cryptotermes* dengan **Phragmosis** yaitu memblokir pintu masuk sarang dengan modifikasi kepala yang membesar. Formasi pemblokiran ini seperti aksi seorang kipper penjaga gawang, dan jika ada musuh

PERTAHANAN SERANGGA

misalnya semut, kompleks peperangan terjadi di depan pintu sarang tersebut. Pada *Zacryptocerus* kepala tersebut ditutupi dengan suatu lapisan yang dikeluarkan oleh material filamen sehingga kepala tersebut penampakkannya seperti ranting yang tertutup lumut.

- Ada pula kasta tentara dari jenis *Pseudocanthotermes spiniger*, *Globitermes sulphureus* dan *Camponotus* yang menembakkan abdomen mereka yang mengandung senyawa-senyawa kimia, meskipun akhirnya membawa kematian pada tentara-tentara itu, atau individu tentara itu bunuh diri demi mempertahankan sarang mereka.
- Kebanyakan tentara-tentara tersebut menggunakan kekuatan **mandible** mereka untuk melindungi koloni dengan cara melukai penyerang, yang merupakan rangkaian pertahanan termit dengan menggunakan mandibel yang panjang dan fleksibel.

Kepala dengan mandibel yang simetris panjang dan lemah, pertama kedua mandible ditekan dengan keras secara bersamaan, selanjutnya ditekukan ke dalam dan kemudian disilangkan dengan keras. Sedangkan kepala dengan mandibel yang tidak simetris dari *Homalotermes*, dengan suatu kekuatan/tenaga mandibel kiri didorong ke mandibel kanan hingga mandible kanan slip ke bawah mandibel kiri yang menghasilkan suatu pukulan yang keras.

Sarang Semut

Bahan yang digunakan sarang adalah dedaunan dengan bahan perekat yang mereka gunakan untuk melekatkan dedaunan tersebut dihasilkan oleh larva-larva mereka, sedangkan imagonya tidak memiliki perekat ini. Sehingga larva-larva ini tidak mampu lagi untuk menyempurnakan siklus hidupnya, tetapi semut-semut dewasa ini tidak membiarkan begitu saja larva-larva yang telah mengorbankan diri ini, mereka tetap menjaga dan melindunginya hingga larva-larva itu mati.



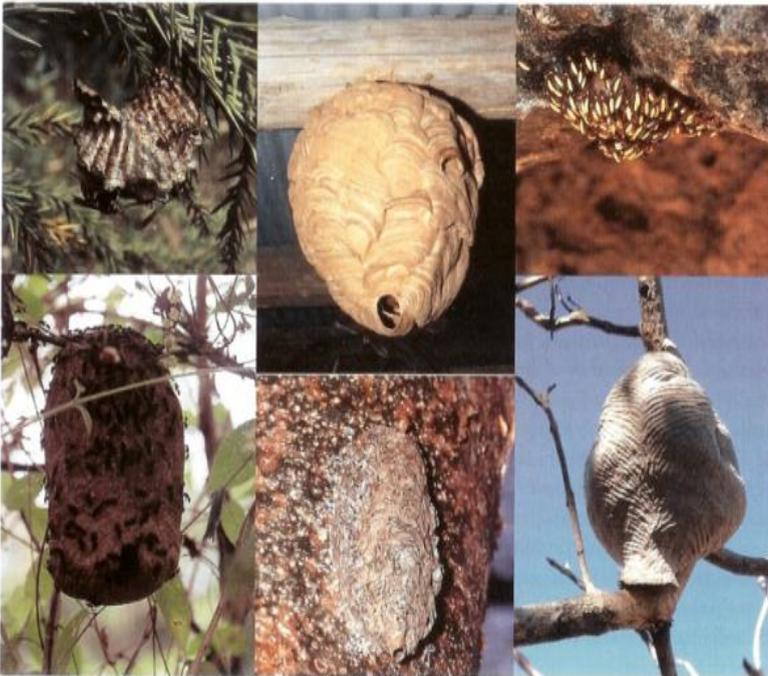
Gambar 6.14 Sarang semut pengayam

Perilaku lebih mementingkan keselamatan kelompok daripada dirinya sendiri ini disebut **perilaku altristik**. Semut yang sarangnya terganggu mengeluarkan feromon (asam formiat) dari taringnya, untuk memberi tanda kepada semut-semut yang lain, bila keadaan

sudah reda asam formiat tidak dikeluarkan lagi dan kembali lagi ke sarang.

Sarang lebah

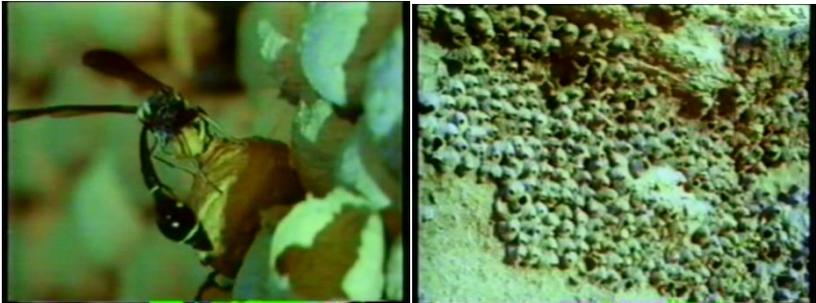
Berikut ini beberapa bentuk sarang lebah, tiap jenis sarang yang dibuat lebah juga memiliki ciri khas masing-masing.



Gambar 6.15 Beberapa bentuk sarang lebah dari jenis a. *Pollistes snelleni*, b. *Vespa simillina*, c. *Apoica pallens*, d. *Parachartergus fraternus*, e. *Metapolybia azteccoides* dan f. *Polybia simillina* (<https://docplayer.info/206610559-Serangga2-sosial-sarang-perlidungan-terhadap-cuaca-yang-ekstrim-serangan-musuh-rayap-semut-lebah.html>)

PERTAHANAN SERANGGA

Ada jenis lebah liar yang membuat tempat khusus seperti pot kecil guna melindungi telur telur yang diletakkannya. Tempat khusus ini dibuat dari lumpur lengket dengan air liur dan tanah lembut yang kemudian diputar secara kontinyu (sama dengan pembuatan pot oleh manusia), dan tak lupa memberi tutup. Setelah selesai pembuatan pot tersebut ia memutar pantatnya dan meletakkan telur ke dalamnya, setelah ditambahkan bahan makanan, mulut pot disegel. Setelah beberapa waktu lebah muda akan keluar dan mandiri



Gambar 6.16 Lebah yang menyimpan telurnya dalam pot-pot kecil
(<https://www.istockphoto.com/>)

Bagi serangga-serangga yang bukan sosial, fase telur dan pupa mereka dilindungi dengan bahan-bahan khusus. Fase telur dan fase pupa/kepompong merupakan fase-fase yang sama sekali tidak berdaya jika ada serangan musuh, sehingga pada beberapa serangga terutama yang bukan serangga social dan tidak membentuk sarang, maka mereka berusaha melindungi fase-fase ini dengan kantong pembungkus. Pupa dari jenis kupu-kupu umumnya terbungkus oleh semacam kantong yang dibuat dari sisa-sisa bahan tanaman, lilin, kertas, rambut, sisik, butir2 tanah atau benang sutra

PERTAHANAN SERANGGA

yang berasal dari alat mulutnya. Dengan demikian memperkecil kemungkinan serangan2 predator.

- Kantong pembungkus dari jenis Lepidoptera dinamakan Kokon yang umumnya terbuat dari kapas
-
- Kantong pembungkus dari jenis diptera dibuat dari sisa kulit instar terakhir disebut Puparium



Gambar 6.17 Kokon dari beberapa serangga kokon *Icerya purchasi* (kiri) dan kokon dari pupa braconidae yang muncul dari larva inangnya (kanan)
(<https://bugguide.net/>)

- Bagi Lepidoptera yang mempunyai kebiasaan berkepompong di dalam tanah membungkus diri dengan butir2 tanah yang dikenal sebagai sel.

- Jenis kecoa yang mempunyai kebiasaan hidup di tempat lembab, maka perlu melindungi telur telurnya dengan bungkus berbentuk kapsul yang keras sekali yang disebut *ootheca*.

Seringkali kokon dari beberapa jenis Lepidoptera dan hymenoptera tergantung diudara pada sebatang ranting dengan seutas benang sutra.



Gambar 6.18 Kepompong dari kupu-kupu *Papilio cresphontes*
(<https://bugguide.net/>)

***Mud-puddling* dan Migrasi Jarak Jauh**

Masing-masing jenis serangga mempunyai perilaku makan yang unik. Beberapa serangga mempunyai perilaku makan yang berkesan tidak umum yang disebut *mud-puddling*. *Puddling* berasal dari kata *puddle* yang berarti kubangan. Secara umum, aktivitas *mud-puddling* didefinisikan sebagai pencarian nutrisi tambahan, terutama sodium (atau secara umum disebut *garam*) dan protein dari bahan-bahan non-tumbuhan (nektar). Kupu-kupu dan

ngengat (ordo Lepidoptera) adalah golongan serangga yang umum diketahui sebagai pelaku *puddling*, meskipun aktivitas ini juga dilakukan oleh beberapa jenis Hemiptera dan Orthoptera.



Gambar 6.19 *Syntarucus plinius* dan *Euchrysops cnejus* sedang melakukan *puddling* (<http://www.flutters.org>)

Mengapa serangga melakukan *mud-puddling*?

Boggs dan Jackson (1991), peneliti perilaku serangga dari Princeton University menjelaskan bahwa *mud-puddling* adalah aktivitas yang cukup rumit. Pada kupu-kupu dan ngengat, setidaknya ada dua alasan mengapa mereka melakukan *mud-puddling*. Pertama, mereka membutuhkan tambahan nutrisi tertentu, yaitu sodium, karena sumber pakan utamanya yaitu tumbuhan tidak menyediakan dalam jumlah memadai. Padahal sodium yang cukup dibutuhkan untuk mendukung proses reproduksi yang optimum. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kekurangan sodium berakibat pada menurunnya jumlah telur yang dihasilkan. Jadi, aktivitas *mud-puddling* mereka lakukan untuk memenuhi kebutuhan

tersebut. Selain sodium, beberapa jenis senyawa lain juga didapatkan oleh serangga dari aktivitas ini, misalnya protein dan gula.

Alasan kedua, aktivitas *mud-puddling* dapat jadi merupakan upaya kompensasi untuk mendapatkan nutrisi tertentu oleh individu-individu lepidoptera jantan muda yang kalah bersaing dari lepidoptera betina atau jantan lain yang lebih tua pada pencarian nutrisi pada tumbuhan, sumber pakan utama mereka. Ingat, aktivitas pencarian pakan pada serangga sarat dengan persaingan yang sangat ketat. Oleh karena itu, *mud-puddling* diduga merupakan cara alternatif untuk mendapatkan nutrisi penting. Kecenderungan untuk melakukan *puddling* dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin dan kemampuan berkompetisi dari serangga, serta musim dan ketersediaan pakan utama mereka (nektar).

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa protein dan gula merupakan senyawa penarik bagi serangga untuk melakukan aktivitas *mud-puddling*. Jika Anda melihat kupu-kupu yang 'minum' pada cairan yang keluar dari buah-buahan yang pecah atau membusuk, maka dapat dipastikan mereka sedang mengkonsumsi gula dan alkohol sebagai sumber energi.

Bagaimana serangga melakukan *mud-puddling*?

Serangga yang melakukan *mud-puddling* pada umumnya menyedot cairan nutrisi dari tanah yang basah, meskipun beberapa serangga tertarik pula pada keringat manusia, kotoran binatang, darah (misalnya pada ngengat vampir), urin manusia, dan buah yang membusuk. Ketika melakukan *puddling*, serangga menyedot cairan

PERTAHANAN SERANGGA

dan meneruskannya melalui saluran pencernaan untuk kemudian dikeluarkan melalui anus. Pada beberapa serangga, misalnya *Gluphisia septentrionis*, cairan tadi diekskresikan setiap tiga detik. Penelitian menunjukkan fakta unik bahwa serangga jantan yang melakukan *puddling* mempunyai *ileum* (usus belakang bagian anterior) yang jauh lebih panjang daripada serangga betina yang tidak melakukan *puddling*.



Gambar 6.20 Ngengat vampir (treehugger.com)



Gambar 6.21 Ngengat *Gluphisia septentrionis* (bug guide.net)

Mayoritas pelaku *mud-puddling* adalah serangga jantan muda, meskipun pada beberapa jenis kupu-kupu, serangga betina juga melakukan perilaku serupa. Nampaknya, perbedaan jenis kelamin pelaku puddling ini berhubungan dengan dua hal, yaitu (1) bahwa serangga jantan membutuhkan sodium dalam jumlah cukup untuk mendukung aktivitas terbang yang lebih banyak daripada serangga betina, dan (2) serangga jantan akan mentransfer sodium dalam jumlah cukup banyak kepada pasangannya melalui spermatofor, misalnya pada ngengat *Thymelicus lineola* (Hesperidae). Dengan demikian, serangga betina tidak membutuhkan *puddling* sebagai aktivitas utama.

Bahan-bahan *puddling*

Selain bahan *puddling* yang berujud cairan, misalnya kubangan air pada tanah, urin, air mata, atau darah, beberapa serangga tertarik juga dengan bahan padat, misalnya kotoran mamalia dan burung, bangkai, dan buah-buah busuk. Salah satu contoh serangga yang tertarik dengan bangkai adalah walang sangit, *Leptocorisa* sp. Untuk mengendalikan serangga yang dianggap sebagai hama pada bulir padi masak susu ini, banyak orang menggunakan bangkai ketam atau ikan untuk memikat walang sangit. Setelah berhasil dikumpulkan pada perangkap bangkai tersebut, maka walang sangit tersebut mudah ditangkap kemudian dibunuh. Mungkin perilaku walang sangit ini juga dapat dikategorikan *puddling*.

Migrasi jarak jauh

Migrasi diartikan sebagai perpindahan, yang pada binatang dapat diperluas artinya menjadi, perpindahan dari satu habitat ke habitat yang lain yang lebih baik (cocok). Dalam kehidupannya, serangga melakukan migrasi dari suatu tempat ke tempat yang lainnya dengan tujuan:

- Untuk memaksimalkan kemungkinan survive di berbagai macam habitat berbeda
- Untuk lolos dari keadaan lingkungan buruk, musuh alami, atau penyakit
- Untuk mencari pasangan kawin dan membuat koloni baru

Fenomena perpindahan ini umum terjadi pada binatang, termasuk serangga. Perilaku ini terutama dipicu oleh kondisi lingkungan abiotik yang tidak mendukung, misalnya karena terjadi perubahan suhu dan kelembaban yang drastis akibat perubahan musim. Perubahan-perubahan tersebut berdampak pula terhadap ketersediaan pakan bagi si serangga, sehingga alasan lain perpindahan secara massal ini juga dalam rangka untuk mendapatkan lokasi yang menyediakan pakan, dan biasanya sekaligus sebagai tempat berbiak yang lebih memadai.

Perpindahan pada serangga hampir selalu satu arah, individu yang bermigrasi tidak melakukan penerbangan balik atau hanya membuat penerbangan pendek, dan penerbangan balik dibuat sebagian besar atau seluruhnya oleh generasi berikutnya.

Migrasi dilakukan oleh banyak jenis serangga, meskipun hanya beberapa serangga yang tercatat melakukan migrasi yang dikategorikan fenomenal, contohnya migrasi musiman Kupu-kupu Raja (*Monarch Butterfly*), *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Danaidae). Pada musim dingin mereka berpindah dari daerah asal di Amerika Utara (termasuk Kanada) ke bagian selatan yang lebih hangat, misalnya di wilayah selatan-tengah Meksiko (Garland & Davis, 2002), atau Kuba (Dockx *et al.*, 2004). Setelah musim semi tiba, mereka akan bergerak pulang ke daerah asalnya di bagian utara Amerika. Jarak yang mampu mereka tempuh tercatat sampai 4000 km Namun, migrasi serangga ini masih menarik banyak peneliti untuk meneliti mekanisme dan pola-pola migrasi yang mereka lakukan. Penelitian Herman dan Tatar (2001), menjelaskan bahwa peranan hormon pemuasaan (*juvenile hormon*) sangat penting dalam menentukan perilaku migrasi Kupu-kupu Raja. Serangga-serangga lain yang tercatat melakukan migrasi jarak jauh adalah kutu afid (Dixon *et al.*, 1993), semut (Folgarait *et al.*, 2008), dan wereng (Otuka *et al.*, 2005).

Tetapi banyak juga serangga menempel ke organisme lain untuk maksud perpindahan tempat (*transportasi*), perilaku ini disebut **foresi** (*phoresy*). Seperti pada larva Meloidae dan kutu daun. Larva instar pertama Meloidae (Coleoptera) yang disebut *triungulin* yang aktif bergerak dan menempel pada bunga-bunga supaya dapat pindah bersama lebah. Kutu daun (Aphids) sering dipindah oleh

PERTAHANAN SERANGGA

semut ke bagian tanaman atau tanaman lain untuk keperluan makanan (embun madu)

Sebagai kesimpulan, migrasi merupakan salah satu strategi bertahan pada serangga terhadap guncangan lingkungan. Namun, di sisi lain, beberapa pengamatan, misalnya oleh Sparks *et al.* (2007) tentang peningkatan migrasi serangga, misalnya kupu-kupu dan ngengat di Eropa, memunculkan kekhawatiran bahwa perubahan frekuensi dan pola migrasi serangga juga menunjukkan terjadinya perubahan lingkungan yang berujung pada ketidakstabilan lingkungan, seperti yang juga dikhawatirkan oleh Brower & Malcolm (1991), yaitu bahwa perubahan pola migrasi pada dasarnya dapat dimaknai sebagai perubahan lingkungan hidup yang kemungkinan berakibat pada kepunahan jenis-jenis binatang, termasuk serangga.



Gambar 6.22 Kupu-kupu Raja, *Danaus plexippus*
(<https://www.shutterstock.com/id/image-photo/caterpillar-butterfly-monarch-danaus-plexippus-cycle-1202854>)

DAFTAR PUSTAKA

- Boggs, C. L., & L. A. Jackson. 1991. Mud puddling by butterflies is not a simple matter. *Ecological Entomology* 16: 123-127.
- Brower, J. & Van Zandt. 1958. Experimental studies of mimicry in some North American butterflies. Part III. *Danaus gilippus berenice* and *Limenitis archippus floridensis*. *Evolution*. 12 (3):273–285. doi:10.1111/j.1558-5646.1958.tb02959.
- Brower, L. P., & S.B. Malcolm. 1991. Animal migrations: Endangered phenomena. *American Zoologist* 31: 265-276.
- Chapman, R. N., 1939. Insect Population Problem In Relation To Insect Outbreak. *Ecol. Monogr.* 9 (3): 261 – 269.
- Coulson, R. N. & A. W. John. 1984. Forest Entomology, Ecology and Management. New-York: John Willey & Sons.
- Dixon, A.F.G., S. Horth, & P. Kindlmann. 1993. Migration in insects: Cost and strategies. *The Journal of Animal Ecology* 62: 182-190.
- Dockx, C., L. P. Brower, L.I. Wassenaar, & K. A. Hobson. 2004. Do North American monarch butterflies travel to Cuba? Stable isotope and chemical tracer techniques. *Ecological Application* 14: 1106-1114.

DAFTAR PUSTAKA

- Eisner, T., M.A. Goetz, D.E. Hill., S.R. Smedley, & J. Meinwald. 1997. Firefly "femme fatales" acquire defensive steroids (lucibufagins) from their firely prey. *Proceeding Natural of Academic Sciences of USA* 94: 9723-9728.
- Encarta. 2005. Hibernasi mimikri simbiosis suaka margasatwa kelangsungan hidup organisme dapat dipertahankan. Reference Library Premium.
- Folgarait, P.J., R.J.W. Patrock, G. Albioni-Montenegro, L. Saldua, & L.E. Gilbert. 2008. *Solenopsis invicta*: Evidence for recent internal immigration across provinces in Argentina. *Florida Entomologist* 91: 131-132.
- Gamberale, G. & B.S. Tullberg. 1998. Aposematism and gregariousness: the combined effect of group size and coloration on signal repellence. *Proceeding of Royal Society of London* 265: 889-894.
- Garland, M. S., & A.K. Davis. 2002. An examination of monarch butterfly (*Danaus plexippus*) autumn migration in coastal Virginia. *American Midland Naturalist* 147: 170-174.
- Garnett, W. B., R. D. Akre, & G. Sehlke. 1985. Cocoon mimicry and predation by myrmecophilous Diptera (Diptera: Syrphidae). *The Florida Entomologist* 68: 615-621.
- Golding, Y. C., & M. Edmunds. 2000. Behavioural mimicry of honeybees (*Apis mellifera*) by droneflies (Diptera: Syrphidae: *Eristalis* spp.). *Proceedings Biological Sciences*, 267: 903-909.

DAFTAR PUSTAKA

- Graham, S.A.& F.B. Knight, 1967. Principles of Forest Entomology. McGraw-Hill book company. New York, USA
- Hasibuan, S. 2020. Pengendalian Terpadu Hama Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L) dengan Menggunakan Perangkap Fluorensen Dan Berbagai Perangkap Warna. Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu Universitas Asahan ke-4 Tahun 2020 Tema: "Sinergi Hasil Penelitian Dalam Menghasilkan Inovasi Di Era Revolusi 4.0" Kisaran, 19 September 2020. 1022-1033.
- Hatle, J. D. & Salazar, B. A. 2001 Aposematic coloration of gregarious insects can delay predation by an insect predator. *Environmental Ecology*. 30:51-54.
- Herman, W. S., & Tatar, M. 2001. Juvenile hormone regulation of aging in the migratory monarch butterfly. Proceedings of the royal society of London series B biological sciences. 268:2509-2514.
- Karmana, I. W. 2010 Analisis keanekaragaman Epifauna Dengan Metode Koleksi Pitfall Trap Di Kawasan Hutan Cagar Malang. *Ganec Swara* 4: 1-5.
- Ludwig, J. A & J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing. John Wiley & Sons. New York.
- Lynn, S. K. 2005. Learning to avoid aposematic prey. *Animal Behaviour* 70: 1221-1226.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Croom Helm Ltd. London.

DAFTAR PUSTAKA

- Mujiono.2000. Budidaya Tanaman Murbei *Morus* sp dan Pemeliharaan Ulat Sutera (*Bombyx mori* L) Serta Pengelolaan Kokon di PT. Ira Widya Utama dan Group Sumatera Utara. Laporan Pengamatan Kerja Praktek Mahasiswa. Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Pertanian Universitas Andalas, Payakumbuh.
- Odum. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Penterjemah Tjahyono Samingan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 697 p.
- Oka, I. N. 2005. Pengendalian Hama Terpadu. UGM Press. Yogyakarta
- Otuka, A., T. Watanabe, Y. Suzuki, M. Matsumura, A. Furuno, & M. Chino. 2005. A migration analysis of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* from the Philippines to East Asia with three-dimensional computer simulations. *Population Ecology* 47: 143-150.
- Painter, R. H., 1951. Insect Resistance In Crop Plants. The Mac Millan Company. New York, USA.
- Pielou, E. C. 1984. The Interpretation of Ecological Data. A Primer on Classification and Ordination. A Wiley Interscience Publication. Jhon Wiley & Sons. New York.
- Postlethwait, J. H., & Hopson J. 1992. The nature of life. New York: McGraw-Hill.
- Reichstein, T., von Euw, J., Parsons, J. A. & Rothschild, M. 1968. Heart Poisons in the Monarch Butterfly. *Science* 161: 861-866.
- Roeske, C. N., J, Seiber, LP, Brower, and Moffitt CM. 1976. Milkweedcardenolides and Their Comparative Processing by

DAFTAR PUSTAKA

- Monarch Butterflies (*Danaus plexippus* L.) *Recent Adv. Phytochem.* 10: 93-167.
- Rohman, F. 2008. Struktur Komunitas Tumbuhan Liar dan Artropoda sebagai Komponen Evaluasi Agroekosistem di Kebun Teh Wonosari Singosari Kabupaten Malang. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. Malang. 146 pp.
- Rothchild, M., von Euw, T., Reichstein, T., Smith DAS & Pierre, J. 1975. Cardenolide storagein *Danaus chysippus* (L) with Additional Notes on *D. plexippus* (L). *Proc. R. Soc. London Ser.B.* 190: 1-31.
- Schultz, M. 2018. Mimicry in Insects: An Illustrated Study in Mimicry and Cryptic Coloration in Insects. Distance Master of Science in Entomology Projects, Department of Entomology. DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln.
- Sherratt, T.N. 2002. The coevolution of warning signals. *Proceeding of Royal Society of London* 269: 741-746.
- Smedley, S.R., & T. Eisner. 1996. Sodium: A male moth's gift to its offspring. *Proceeding Natural Academic of Sciences* 93: 809-813.
- Southwood, T. R. E. 1978. Ecological Methods. Second Edition. Chapman and Hall. New York.
- Sparks, T.H., R.L.H. Dennis, P.J. Croxton, & M. Cade. 2007. Increased migration of Lepidoptera linked to climate changes. *European Journal of Entomology* 104: 139-143.

DAFTAR PUSTAKA

- Suana, IW & HAryanto H. 2007. Keanekaragaman Laba-laba pada Ekosistem Sawah Monokultur dan Polikultur di Pulau Lombok. *Jurnal Biologi FMIPA UNUD*. Denpasar. Bali. 11(1).
- Subyanto, 1989. Bahan Kuliah Ilmu Hama Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta
- Sulthoni, A., 1978. Diktat Kuliah Hama Hutan. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta
- Suin. 1989. Ekologi Hewan Tanah. Bumi Aksara. Jakarta.
- Sunjaya, P. 1970. Dasar-dasar Ekologi Serangga. IPB. Bogor 135 p.
- Suwandi, Tanpa tahun. Biosfer, Bioma dan Populasi. <http://file.upi.edu/Direktori> (4 Nopember 2010).
- Taniguchi, K., M. Maruyama, T. Ichikawa, & F. Ito. 2005. A case of Batesian mimicry between a myrmecophilous staphylinid beetle, *Pella comes*, and its host ant, *Lasius (Dendrolasius) spathepus*: an experiment using the Japanese treefrog, *Hyla japonica* as a real predator. *Insectes Sociaux* 52: 320-322.
- Thomson, J. A., J. Itskovitz-Eldor, S. S. Shapiro, M. A. Waknitz, J. J. Swiergiel, V. S. Marshall, J. M. Jones. 1998. Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science*. 282(5391):1145-1147
- Untung, K., 1993. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wheeler, RA and JI, Brewbaker, 1990. An. Evaluation of results from the *Leucena psyllid* trial network. *Leucaena Res. Rept.* 11:23-31