

MENGENAL FAUNA TANAH DAN CARA IDENTIFIKASINYA

1.468.001.3
JW



IAARD
PRESS



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN

2013

MENGENAL FAUNA TANAH DAN CARA IDENTIFIKASINYA

MENGENAL FAUNA TANAH DAN CARA IDENTIFIKASINYA

Penyusun:

**Ea Kosman Anwar
R. Cinta Badia Ginting**



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
2013**

Cetakan 2013

Hak cipta dilindungi undang-undang

© Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013

Katalog dalam terbitan

ANWAR, Kosman Ea

Mengenal fauna tanah dan cara identifikasinya/ Penyusun,
Ea Kosman Anwar dan R. Cinta Badia Ginting; Penyunting, Ratih
Dewi Hastuti dan Joko Purnomo.--Jakarta: IAARD Press, 2013.
vi, 104 hlm.: ill.; 21 cm

631.46

1. Fauna tanah 2. Identifikasi

I. Judul II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

ISBN 978-602-1520-55-0

Redaksi Pelaksana:

Moch. Iskandar

Sri Erita Aprillani

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp. +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp. +62-251-8321746. Faks. +62-251-8326561
e-mail: iaardpress@litbang.deptan.go.id

KATA PENGANTAR

Fauna tanah dapat dipandang sebagai pengatur terjadinya proses biologi, kimia, dan fisika dalam tanah. Fauna tanah peran dalam menentukan kesuburan tanah dan dapat menjadi indikator tingkat kesehatan tanah di suatu lahan pertanian. Pengetahuan tentang pola dinamika sumber daya fauna tanah di suatu areal pertanian, dapat membantu menentukan tingkat pengelolaan lahan yang optimal dalam ambang yang diperkenankan dari segi biologi, kimia maupun fisika tanah. Dengan demikian peran biologi dan kesehatan tanah sangat erat hubungannya dengan tingkat kelimpahan, distribusi, dan indeks keragaman populasi fauna tanah di suatu lahan pertanian.

Buku Panduan Identifikasi dan Analisis Fauna tanah ini disusun untuk mempermudah para peneliti, teknisi, dan mahasiswa yang meneliti di bidang biologi dan kesehatan tanah. Buku ini merupakan penyempurnaan buku Metode Analisis Biologi Tanah, khususnya Bab V tentang Fauna Tanah yang diterbitkan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, tahun 2007.

Terimakasih disampaikan kepada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah memfasilitasi hingga buku ini bisa diterbitkan. Saran konstruktif untuk penyempurnaan buku ini senantiasa diharapkan dan semoga buku ini bermanfaat.

Bogor, Desember 2013

Kepala Balai,



Dr. Ir. Ali Jamil, MP
NIP.19650830 199803 1 001

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Pengertian fauna tanah	1
1.2. Jenis fauna tanah yang dominan	2
II. PERAN DAN MANFAAT FAUNA TANAH	3
III. KLASIFIKASI FAUNA TANAH	6
IV. CARA PENGAMBILAN CONTOH UNTUK IDENTIFIKASI FAUNA TANAH	8
4.1. Metode pengambilan contoh tanah untuk makrofauna	8
4.1.1. Penetapan titik pengambilan contoh tanah	10
4.1.2. Pengambilan contoh tanah	11
4.1.3. Koleksi dan sortasi	17
4.2 .Metode pengambilan contoh tanah untuk mesofauna... ..	18
4.2.1. Koleksi Colembola dan Acarina	19
4.2.2. Identifikasi	20
4.3. Metode pengambilan contoh tanah untuk mikrofauna.. ..	21
4.3.1. Prosedur pengambilan contoh tanah	21
4.3.2. Nematoda	21
4.3.3. Isolasi dan analisis kelimpahan protozoa	30
4.4. Pengukuran faktor fisik lingkungan	41
4.5. Pelabelan	42
V. PENGHITUNGAN DAN INTERPRETASI DATA	43
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1	Karakteristik kelompok utama protozoa	7
2	Contoh hasil pengamatan protozoa dengan ulangan 8 lubang per tingkat pengenceran	36
3	Jumlah populasi organisme yang diestimasi dari metode pengenceran	37

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1	Alur pengambilan contoh tanah dan fauna tanah	9
2	Titik pengambilan contoh tanah dengan metode transek atau diagonal (A), secara terstrata (B), acak penuh (C), dan zigzag (D)	11
3	Tahapan pengambilan contoh tanah monolit	13
4.	<i>Berlese Tullgren</i> (kiri) dan bor tanah (kanan)	16
5	Perangkap <i>Fitfall Barber</i>	17
6	Preparat mikrofauna tanah untuk diidentifikasi dengan pengamatan di bawah mikroskop	40

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1	Gambar penampilan morfologi fauna tanah (Kelompok Makrofauna)	53
2	Gambar penampilan morfologi fauna tanah (Kelompok Mesofauna)	99
3	Gambar penampilan morfologi fauna tanah (Kelompok Mikrofauna)	104

I. PENDAHULUAN

Tanah kaya akan berbagai jenis fauna tanah dengan berbagai ukuran dan bentuk kehidupan. Komponen biotik di dalam tanah memberi sumbangan terhadap proses aliran energi dari ekosistem tanah. Kelompok biotik ini melakukan penguraian (dekomposisi) sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang telah mati. Adanya perbedaan keadaan lingkungan biotop (satuan geografi terkecil habitat yang dicirikan oleh biotanya) mengakibatkan perbedaan struktur maupun sifat fauna tanah dari biotop tersebut. Fauna tanah merupakan salah satu komponen dalam ekosistem tanah yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui penurunan berat jenis (*bulk density*), peningkatan ruang pori, aerasi, drainase, kapasitas penyimpanan air, dekomposisi sisa organik, pencampuran partikel tanah, dan penyebaran mikroba (Anwar *et al.* 2006; dan Hanafiah *et al.* 2005).

1.1. Pengertian fauna tanah

Fauna tanah adalah organisme yang sebagian atau seluruh siklus hidupnya dihabiskan di dalam tanah (Kimmins 1987), baik yang hidup di permukaan maupun yang terdapat di dalam tanah. Suhardjono dan Adisoemarto (1997) menambahkan bahwa fauna tanah adalah semua kelompok binatang yang sebagian atau seluruh daur hidupnya bergantung pada tanah karena sumber pakannya terdapat di tanah.

Hara yang dikeluarkan dari daun dan kayu yang lapuk biasanya tidak secara langsung masuk ke dalam tanah dan tersedia bagi tanaman melalui akar tanaman, tetapi melewati semua siklus diantara bagian bahan organik dari tanah. Pada proses dekomposisi daun, siklus itu sering bekerjasama dengan fauna tanah yang mengunyah daun-daun. Ketika unsur-unsur hara

melewati sistem pencernaan fauna tanah, senyawa organik kompleks diubah menjadi senyawa sederhana yang siap digunakan oleh organisme tanah lain dan tanaman.

Dekomposisi daun dan kayu juga dapat diawali dengan penyerbuan jaringan oleh jamur dan bakteri. Peranan berbagai organisme dalam proses dekomposisi sangatlah kompleks, banyak spesies yang terlibat dan detailnya berbeda untuk setiap kasus (Swift *et al.* 1979).

1.2. Jenis fauna tanah yang Dominan

Kelompok fauna tanah paling penting adalah protozoa, nematoda, annelida, dan arthropoda. Dalam hubungan timbal balik dengan mikroba, peranan utama fauna tanah adalah mengoyak, memasukkan, dan melakukan pertukaran secara kimia hasil proses dekomposisi serasah tanaman. Klasifikasi menurut cara hidup fauna tanah berdasarkan morfologi dan fisiologi tergantung pada kedalaman tanah. Fauna fitotrofik memakan tanaman hidup, fauna zootrofik memakan materi binatang, fauna mikrotrofik hidup dalam mikroorganisme, dan fauna saprofitik menggunakan materi organik yang telah mati. Melalui proses mineralisasi, materi yang telah mati akan menghasilkan garam-garam mineral yang akan digunakan oleh tanaman (Thomas dan Mitchell 1951).

II. PERAN DAN MANFAAT FAUNA TANAH

Secara umum fauna tanah dapat dipandang sebagai pengatur terjadinya proses dalam tanah. Dengan perkataan lain, fauna tanah berperan dalam menentukan kesuburan tanah bahkan beberapa jenis fauna tanah dapat digunakan sebagai indikator tingkat kesehatan tanah di suatu lahan pertanian (Adianto 1983).

Fauna tanah merupakan salah satu kelompok organisme dekomposer. Beberapa fauna tanah seperti herbivor, selain memakan bagian tanaman diatas akar, juga memakan serasah tanaman yang sudah mati. Fauna tanah merupakan salah satu kelompok heterotrof yaitu makhluk hidup yang hidupnya tergantung dari ketersediaan makhluk hidup produsen utama di dalam tanah. Keberadaan fauna tanah dalam tanah sangat tergantung pada ketersediaan energi dan sumber makanan untuk kelangsungan hidupnya, seperti bahan organik dan biomassa hidup yang semuanya berkaitan dengan aliran siklus karbon dalam tanah. Proses penguraian atau dekomposisi dalam tanah tidak akan mampu berjalan cepat bila tidak ditunjang oleh kegiatan makrofauna tanah.

Fauna tanah merupakan salah satu komponen ekosistem tanah yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui penurunan berat jenis, peningkatan ruang pori, aerasi, drainase, kapasitas penyimpanan air, dekomposisi bahan organik, pencampuran partikel tanah, penyebaran mikroba, dan perbaikan struktur agregat tanah (Witt 1997). Walaupun pengaruh fauna tanah terhadap pembentukan tanah dan dekomposisi bahan organik bersifat tidak langsung, secara umum fauna tanah dapat dipandang sebagai pengatur terjadinya proses fisik, kimia maupun biokimia dalam tanah (Hill 1986).

Berdasarkan ukuran, secara garis besar terdapat 3 kelompok invertebrata yang hidup di dalam tanah, yaitu: mikrofauna (contoh protozoa dan nematoda), mesofauna (contoh Acarina dan Colembola), dan makrofauna (contoh cacing dan serangga tanah). Mikrofauna memacu proses dekomposisi bahan organik dengan memperkecil ukuran bahan dengan enzim selulase yang kemudian dimanfaatkan oleh mikroba perombak lainnya. Mesofauna dan makrofauna selain memperkecil ukuran bahan organik, aktivitas metabolismenya menghasilkan faeces yang mengandung berbagai hara dalam bentuk tersedia bagi tanaman dan biota tanah lainnya. Beberapa makrofauna seperti cacing tanah mempunyai peranan penting dalam mempengaruhi kesehatan dan produktivitas tanah. Lubang cacing merupakan rongga-rongga dalam tanah yang dapat meningkatkan aerasi, penetrasi akar, dan infiltrasi air (Curry and Good 1992). Kotoran cacing (*casting*) merupakan campuran tanah dengan bahan organik yang telah dicerna yang mengandung berbagai hara yang tersedia bagi tanaman (Lake and Supak 1996). Fauna tanah bersama hayati tanah lainnya sebagai komunitas yang mendiami daratan/tanah menciptakan *biogenic soil structure* yang khas, alami, dan berperan pada kelancaran terjadinya proses siklus hara di dalam tanah.

Peranan fauna tanah dalam pemeliharaan kualitas lingkungan di lahan pertanian sangat penting. Pengelolaan tanah/lahan yang tidak memenuhi kaidah-kaidah yang benar akan menyebabkan penurunan kelimpahan dan keragaman fauna tanah dan dalam jangka panjang akan mengakibatkan terganggunya siklus hara alami dalam agroekosistem, menurunnya kualitas dan produktivitas lahan, dan pada gilirannya akan mengancam keberlangsungan usaha tani di lahan tersebut. Pengetahuan ini dapat dipakai untuk menciptakan atau memperbaiki penerapan teknologi pengelolaan lahan pertanian yang lebih ramah

lingkungan, mempunyai produktivitas tinggi, dan mengarah pada sistem pertanian berkelanjutan.

Beberapa jenis fauna tanah telah diketahui berinteraksi dengan tanaman di atasnya melalui proses biokimia di dalam tanah yang rumit. Sebagai contoh, keberadaan *Milipide* dan *Centipide* berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (Anwar *et al.* 2011), kehadiran cacing tanah berpengaruh terhadap hasil jagung (Anwar *et al.* 2012).

III. KLASIFIKASI FAUNA TANAH

Pengelompokan terhadap fauna tanah sangat beragam, mulai dari protozoa, rotifera, nematoda, annelida, mollusca, arthropoda, hingga vertebrata. Fauna tanah dapat dikelompokkan atas dasar kehadirannya di tanah, habitat yang dipilihnya, kegiatan makannya, dan ukuran tubuhnya. Berdasarkan kehadirannya, fauna tanah dibagi atas kelompok transien, temporer, periodik, dan permanen. Berdasarkan habitatnya fauna tanah digolongkan menjadi golongan epigeon, hemieudafon, dan eudafon. Fauna epigeon hidup pada lapisan tumbuh-tumbuhan di permukaan tanah, hemieudafon hidup pada lapisan organik tanah, dan eudafon hidup pada tanah lapisan mineral.

Berdasarkan kegiatan makan, fauna tanah ada yang bersifat herbivor, saprovor, fungivor, dan predator (Suin 2003). Berdasarkan ukuran tubuh, Wallwork (1970) mengelompokkan fauna menjadi tiga kelompok, yaitu makrofauna (>1 cm), mesofauna (0,2-1 cm), dan mikrofauna (20-200 μ m). Sementara Suhardjono dan Adisoemarto (1997) mengelompokkan fauna tanah berdasarkan ukuran tubuh menjadi 3 kelompok, yaitu (1) makro fauna adalah kelompok binatang yang ukuran panjang tubuh $>10,5$ mm, seperti insekta, crustaceae, chilopoda, diplopoda, mollusca, dan termasuk juga vertebrata kecil; (2) mesofauna adalah kelompok yang ukuran tubuh 0,16-10,4 mm dan merupakan kelompok terbesar dibanding kedua kelompok lainnya, seperti insecta, arachnida, diplopoda, chilopoda, nematoda, mollusca, dan bentuk pradewasa dari beberapa binatang lainnya seperti kaki seribu dan kalajengking; dan (3) mikro fauna adalah kelompok binatang yang ukuran tubuh $<0,15$ mm, seperti protozoa dan stadium pradewasa beberapa kelompok lain misalnya nematoda. Odum (1998) menyebutkan bahwa

mesofauna tanah meliputi nematoda, cacing-cacing oligochaeta kecil, enchytracid, larva serangga yang lebih kecil, dan terutama yang secara bebas disebut mikroarthropoda seperti tungau-tungau tanah (acarina) dan springtail (collembola) seringkali merupakan bentuk-bentuk yang paling banyak tetap tinggal dalam tanah.

Tabel 1. Karakteristik kelompok utama protozoa

Kelompok taksonomi	Alat gerak	Reproduksi		Genus yang penting
		Aseksual	seksual	
Filum: <i>Ciliophora</i> Sub-filum: <i>Ciliata</i> (<i>ciliates</i>)	Silia	Pembelahan transversi	Konjugasi	<i>Balantidium</i> <i>Paramecium</i> <i>Vorticella</i>
Filum: <i>Sarcomastigophora</i> (berdaging, berflagela) Sub-filum: <i>Sarcodina</i> (amuba)	Pseudopodia	Pembelahan biner	Fusi gamet	<i>Entamoeba</i> <i>Amoeba</i> <i>Naegleria</i>
Filum: <i>Mastigophora</i> (flagelata)	Flagela	Pembelahan biner	Tidak terlihat	<i>Giardia</i> <i>Trypanasoma</i> <i>Trichomonas</i> <i>Plasmodium</i>
Filum: <i>Apicomplexa</i> Kelas: Sporozoa (sporozoan)	Biasanya tidak bergerak	Skizogoni (pembelahan ganda)	Fusi gamet	<i>Toxoplasma</i> <i>Eimeria</i> <i>Cryptosporod ium</i>

Sumber: Colom   *et al.* (1978).

IV. CARA PENGAMBILAN CONTOH UNTUK IDENTIFIKASI FAUNA TANAH

Identifikasi fauna tanah merupakan salah satu upaya untuk dapat menganalisis keragaman, kelimpahan populasi, dan klasifikasi fauna tanah yang ditemukan dalam satu areal tanah. Langkah-langkah identifikasi meliputi pengambilan contoh tanah, sortasi, dan koleksi fauna tanah, untuk selanjutnya dianalisis sesuai kepentingan.

Teknik pengambilan contoh tanah untuk analisis fauna tanah di permukaan untuk makrofauna, mesofauna, dan mikrofauna berbeda karena ada perbedaan dinamika fauna tanah terkait dengan adanya perbedaan keadaan lingkungan biotop dan variasi penggunaan tanah.

4.1. Metode pengambilan contoh tanah untuk makrofauna

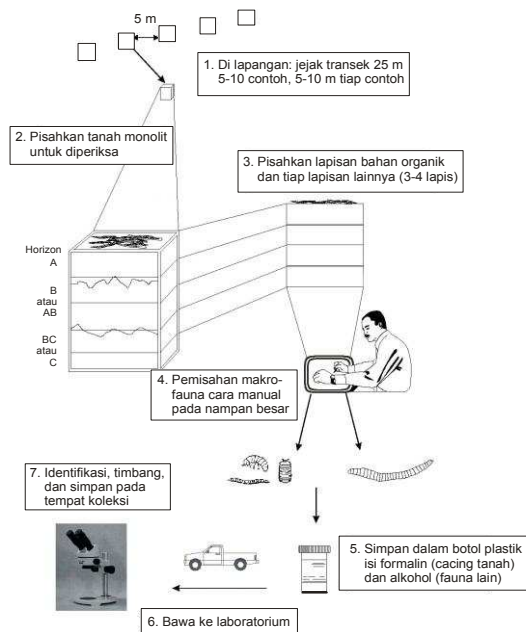
Metode pengambilan contoh tanah untuk makrofauna sangat banyak macamnya, tetapi tidak satupun di antaranya dapat digunakan untuk mendapatkan semua kelompok fauna tanah. Untuk mendapatkan contoh fauna tanah yang dapat mewakili keberadaannya di suatu tempat/lahan perlu digunakan beberapa metode pengambilan contoh fauna tanah.

Pengambilan contoh fauna tanah dimulai dengan pengambilan contoh tanah di lapangan. Pada prinsipnya pengambilan contoh tanah adalah mengambil tanah dengan suatu alat pada luas areal dan kedalaman atau volume tanah tertentu untuk mendapatkan fauna tanah yang terdapat di dalam tanah tersebut. Pengambilan contoh tanah dapat dilakukan dengan metode kuadrat (persegi) atau dengan bor tanah (Gambar 1). Pengambilan contoh tanah dengan metode kuadran dilakukan dengan cara membuat kuadran di atas tanah dengan luas tertentu, misal dengan ukuran 25 cm x 25 cm atau 50 cm x 50 cm sesuai dengan jenis fauna tanah yang akan dikoleksi, kemudian tanah tersebut digali dengan sekop sesuai kedalaman yang diperlukan.

Pengambilan contoh tanah dengan bor tanah prinsipnya sama, hanya pengambilan contoh tanah dengan bor tanah ukuran luas contoh tanah telah disesuaikan dengan diameter bor yang digunakan. Kedalaman contoh yang diambil sangat tergantung pada hewan yang akan diteliti (Suin 2003).

Untuk makrofauna yang hidup dalam tanah dan dalam serasah di permukaan tanah umumnya menggunakan metode standar Anderson and Ingram (1993), dengan metode pengambilan contoh tanahnya menggunakan metode kuadran dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 1):

- Penetapan titik-titik pengambilan contoh
- Pengambilan contoh tanah
- Pemisahan fauna tanah, pengelompokan (koleksi), dan identifikasi

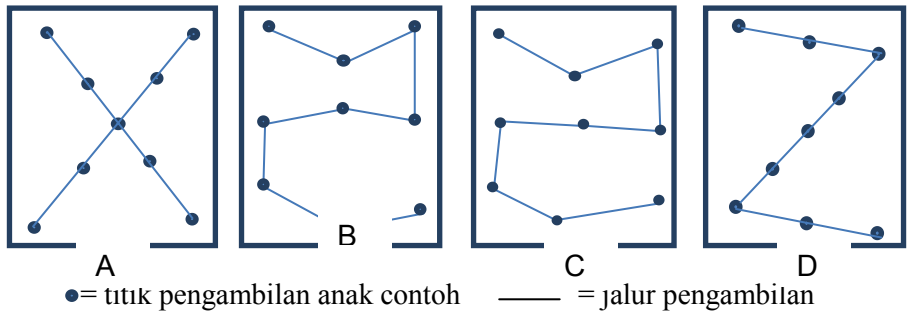


Gambar 1. Alur pengambilan contoh tanah dan fauna tanah (Brown *et al.* 2001).

4.1.1. Penetapan titik pengambilan contoh tanah

Pengambil contoh untuk penelitian fauna tanah perlu ditetapkan terlebih dahulu titik-titik pengambilan contoh yang dikehendaki. Banyak pilihan metode pengambilan contoh yang bisa digunakan, namun hanya beberapa yang relatif sering digunakan (Hidayat dan Makarim 1992), yaitu:

- Metode transek atau diagonal, titik-titik pengambilan contoh pada suatu areal ditetapkan secara garis lurus dengan jarak antara titik-titik telah ditetapkan terlebih dahulu. Metode ini digunakan pada areal pengamatan yang relatif luas dan mempunyai agroekosistem relatif homogen (Gambar 2A).
- Metode secara terstrata (*stratified*) yaitu areal pengamatan dibagi dalam sub area (strata). Tiap strata ditetapkan jumlah titik pengambilan contoh yang akan diamati. Metode ini digunakan apabila bidang pengamatan dianggap heterogen, sehingga perlu pembagian strata-strata dengan pertimbangan setiap strata mewakili kondisi agroekosistem masing-masing (Gambar 2B).
- Metode acak penuh yaitu titik pengambilan contoh ditetapkan secara acak hanya berdasarkan pertimbangan aksesibilitas, kemudahan pengamatan pada areal yang relatif homogen, dengan tidak mengabaikan kaidah kaidah penelitian (Gambar 2C).
- Metode zigzag yaitu menempatkan titik-titik pengambilan contoh tanah secara zigzag pada kondisi areal pengamatan sesuai keadaan lapangan (Gambar 2D).



Gambar 2. Titik pengambilan contoh tanah dengan metode transek atau diagonal (A), secara terstrata (B), acak penuh (C), dan zigzag (D).

4.1.2. Pengambilan contoh tanah

Peralatan

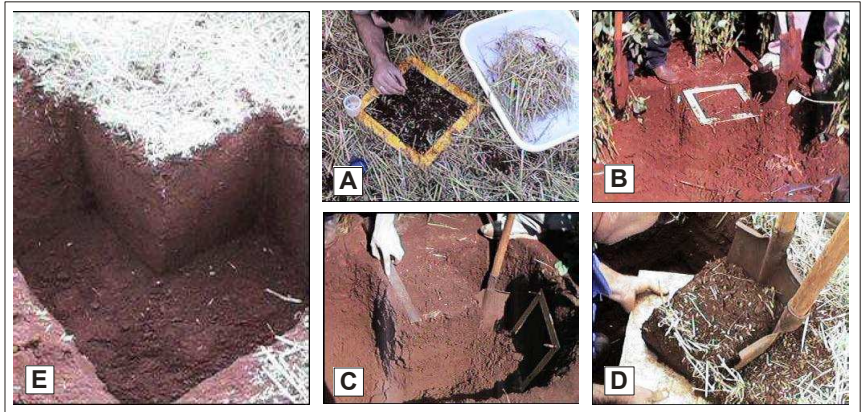
- Meteran kayu ukuran 1 m, meteran gulung ukuran 50 m terbuat dari logam atau fiber glas, meteran siku dari kayu atau logam
- Ajir dari bambu/kayu ukuran 1 m
- Sekop
- Bor
- Kantung kain (dari katun)
- *Pitfall* (perangkap)
- Mikroskop
- *Berlese-Tullgren*
- Lampu bohlam 15 watt
- Termometer
- Higrometer

Bahan

- Formalin 4%
- Alkohol 70%
- Deterjen

- a. *Prosedur pengambilan contoh tanah monolit* (Anderson and Ingram 1993)
- Tahapan pengambilan contoh tanah cara monolit pada tiap titik pengambilan contoh sepanjang garis penarikan contoh (Gambar 1).
 - Tentukan dan tandai dengan ajir 5-10 titik pengambilan contoh untuk monolit, sesuai jarak antara ajir 5-10 m sepanjang garis penarikan contoh (4.1.1.). Untuk analisis statistik diperlukan minimum 5 monolit dan 8 monolit cukup memadai. Lebih banyak jumlah monolit yang digunakan akan memberikan data yang lebih akurat. Perlu diperhatikan, penandaan dengan ajir jangan sampai mengganggu kehadiran fauna tanah.
 - Pada tiap titik pengambilan contoh sekitar luasan 25 cm x 25 cm dibersihkan dari sampah dengan tangan. Selanjutnya posisi monolit ditetapkan secara pasti dengan menggunakan penggaris persegi kayu atau logam dengan luas 25 cm x 25 cm pada dimensi luar (Gambar 3A).
 - Isolasi monolit dengan memotong ke bawah menggunakan sekop beberapa cm di luar penggaris persegi dan gali pada lebar 20 cm dan kedalaman parit 30 cm mengelilinginya (Gambar 3B dan 3C).
 - Pada sisi lain blok monolit arah vertikal cungkil dengan sekop, selanjutnya potong dengan parang dengan arah horisontal sehingga diperoleh blok-blok monolit dengan kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, dan apabila diperlukan 30-40 cm (Gambar 3D).
 - Tanah hasil galian pada parit sekitar blok monolit dimasukkan ke dalam kantong kain, kemudian lakukan sortasi dengan tangan atau dengan metode lain. Setelah sortasi pada blok monolit selesai, kumpulkan semua invertebrata yang

mempunyai panjang tubuh lebih dari 10 cm, seperti kaki seribu dan cacing-cacing tanah, walau kepadatan populasinya rendah namun dianggap mewakili biomassa yang penting. Konversi kelimpahan kepada volume 0,42 m³ contoh, yaitu lebar blok ditambah dua lebar parit persegi dikalikan kedalaman 30 cm (Gambar 3E).



Gambar 3. Tahapan pengambilan contoh tanah monolit: (A) tetapkan posisi blok monolit dengan penggaris persegi 25 cm x 25 cm; (B, C, dan E) gali parit sedalam 30 cm pada 2 sisi blok monolit; dan (D) ambil tiap lapisan blok monolit (0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm) (Brown *et al.* 2001).

- Lakukan sortasi dengan tangan secara terpisah pada masing-masing lapisan blok monolit. Jika waktu yang tersedia terbatas atau cahaya kurang (*sorting* pada kanopi hutan yang rapat biasanya susah dilakukan setelah lewat jam 15.30), masukkan tanah ke dalam tas kain untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk sortasi. Pisahkan semut-semut dengan hati-hati menggunakan kuas kecil pada *sekepal* (sejumlah kecil)

tanah lalu diayak pada ayakan 5 mm di atas nampan, ayakan akan menahan semut. Hindarkan tas kain tempat tanah dari cahaya matahari langsung dan lakukan sortasi dalam waktu maksimum 24 jam dari pengambilan contoh, lebih cepat lebih bagus.

- Catat jumlah dan berat utuh (basah) semua binatang, identifikasi taksonomi, dan indikasi *level* (derajat) fungsional (berat, volume, jumlah). Catat kehadiran dan berat termit "jamur sisir" (jika ada).
- Jika di lapangan tidak tersedia timbangan, perkirakan berat basah untuk menghindari kehilangan data spesimen, kemudian timbang di laboratorium setelah sedikit kering (mengalami penurunan kadar air).
- Buat daftar spesies, jika mungkin golongkan sampai sub famili atau famili, masing-masing gunakan nama genus dengan urutan alfabetik. Gabungkan dengan hasil dari perangkap (*pitfall*) dan monolit untuk kompilasi dalam tabel.

b. Prosedur pengambilan contoh tanah metode Neuman

- Tahapan pengambilan contoh tanah metode Neuman (Suin 2003) hampir sama dengan cara monolit yaitu pada tiap pengambilan contoh sepanjang garis penarikan contoh.
- Tentukan dan tandai dengan ajir 5-10 titik pengambilan contoh dengan jarak 8 m sepanjang garis penarikan contoh (Gambar 1). Lebih banyak titik pengambilan contoh lebih bagus untuk analisis data statistik. Penandaan dengan ajir jangan sampai mengganggu kehadiran fauna tanah.
- Gunakan bor tanah dengan diameter 4 cm (Gambar 4) atau cangkul, untuk pengambilan contoh tanah pada kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, dan 15-20 cm.

- Masukkan contoh tanah kedalam kantung kain, beri label, dan segera bawa ke laboratorium.
- Penggunaan alat *Berlese-Tullgren* (Gambar 4).

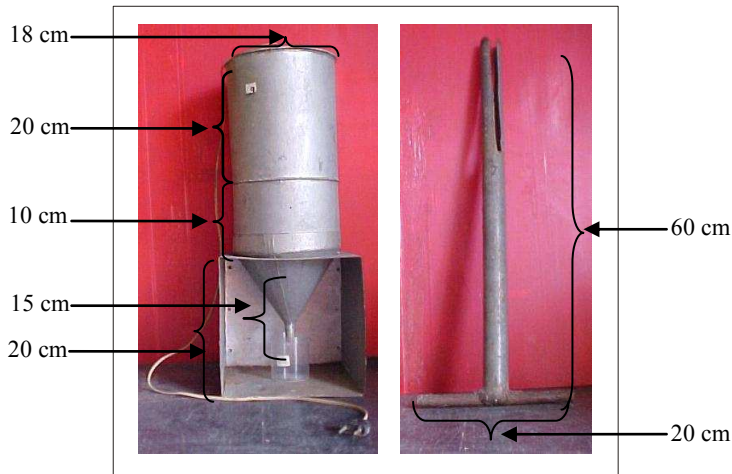
Masukkan contoh tanah sebanyak ± 1 kg atau 1 l ke dalam corong *Berlese-Tullgren*. Goyang-goyangkan atau pukul pelan-pelan di sekeliling tabung sedemikian rupa sehingga partikel tanah atau bahan organik yang berukuran $\leq 1,5$ mm jatuh ke bawah. Penggoyangan dihentikan setelah tidak ada lagi partikel tanah yang jatuh. Tampung semua partikel tanah yang jatuh dengan botol dan masukkan kembali ke dalam corong. Contoh tanah yang telah disimpan dalam alat pendingin, sebelum dimasukkan ke dalam tabung, terlebih dahulu dikeringkan pada suhu kamar selama 1-4 hari. Contoh tanah yang baru diambil dari lapangan bisa langsung dimasukkan ke dalam corong. Untuk kepentingan tertentu, hasil pengamatan akan diperhitungkan berdasarkan konversi berat kering contoh, maka sebagian contoh tanah diukur berat kering mutlaknya.

Beri label pada tabung penampung atau tabung bekas film yang berisi tentang: i) asal lokasi contoh tanah; ii) tanggal pengambilan contoh; dan iii) nama pengambil contoh, atau cukup berisi nomor/kode contoh saja, catatan keterangan tentang nomor/kode tersebut dibuat di dalam buku catatan.

Isi tabung penampung yang telah berlabel dengan alkohol 70% setinggi 3–5 cm, diletakkan tepat di bawah lubang corong *Berlese-Tullgren*, dan pastikan semua fauna yang ke luar dari tabung jatuh ke dalam tabung penampung.

Pasang penutup corong, nyalakan lampu di dalam corong, dan biarkan selama 2–4 hari.

- Fauna tanah yang telah tertampung pada botol penampung kemudian dipisah-pisahkan menggunakan mikroskop lalu dihitung.



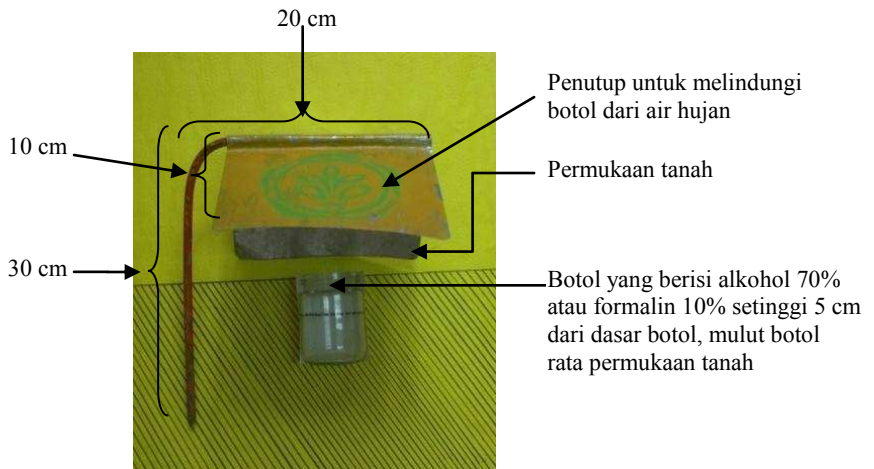
Gambar 4. *Berlese-Tullgren* (kiri), bor tanah (kanan) (Foto: E.K.Anwar)

c. *Prosedur pengambilan contoh fauna di permukaan tanah*

Untuk membandingkan populasi fauna tanah antar plot sebagai akibat perlakuan dan untuk mengetahui dinamika populasi fauna permukaan tanah misalnya di hutan alami digunakan perangkap “*barber*” atau disebut juga *pitfall* (Anderson and Ingram 1993). Perangkap *barber* adalah suatu bejana bergaris tengah 8 cm, tinggi 10 cm atau botol gelas dengan lebar mulut 10-15 cm.

- Tanam *pitfall* di permukaan tanah pada setiap plot atau pada sekitar titik-titik monolit atau pada sekitar interval 4 m sepanjang garis penarikan contoh. Permukaan bejana harus rata dengan permukaan tanah.
- Di atas bejana tersebut, beri atap dari seng dengan ukuran 20 cm x 20 cm, atau sebuah tutup seperti cawan petri, kayu, atau plastik, kuatkan dengan ranting di atasnya, jaga agar tidak terbawa hanyut air hujan.

- Hindarkan air hujan, sinar matahari, dan kotoran yang mungkin masuk atau terjatuh ke dalam bejana. Atap dipasang kira-kira 15 cm di atas permukaan tanah. Bejana diisi larutan formalin 4% sebanyak 150 ml dan sedikit deterjen untuk menghilangkan tegangan permukaan agar spesimen tidak bergerak-gerak pada saat tenggelam.
- Perangkap diletakkan pada sore hari dan dibiarkan selama 24 jam. Dalamnya perangkap tidak terlalu berpengaruh, tetapi mulutnya harus persis sama rata dengan permukaan tanah.



Gambar 5. Perangkap *fitfall/Barber* (Foto: E.K. Anwar dan R.C.B. Ginting).

4.1.3. Koleksi dan sortasi

- Ambil tabung penampung, tutup rapat, dan spesimen yang diperoleh siap diamati/identifikasi.
- Keluarkan contoh tanah dari corong *Berlese-Tullgren* dan bersihkan dengan kuas atau alat penghisap debu sehingga dapat dipastikan bahwa tidak ada fauna yang tertinggal. Hal ini

dilakukan agar contoh tanah berikutnya tidak terkontaminasi oleh fauna dari contoh sebelumnya.

- Jika di dalam tabung penampung cukup banyak serasah bahan organik, pisahkan fauna dari serasah dengan metode pengapungan. Caranya buang alkohol dalam tabung dan ganti dengan larutan garam NaCl $\pm$ 30% (30 g NaCl dilarutkan dalam 100 ml air), fauna akan mengapung di permukaan larutan. Tuang fauna yang terapung beserta larutan garam pada kertas saring, cuci dengan air bersih, cuci kembali berturut-turut dengan alkohol 30%, 50%, dan 70%, lalu simpan di dalam tabung yang berisi alkohol 70%.
- Contoh makrofauna yang telah diperoleh dari hasil koleksi di lapangan (lihat 4.1.2), dipisah-pisahkan menurut kelompok/jenis kategori takson tertentu. Pemisahan jenis-jenis makrofauna hasil koleksi di lapangan bisa dilakukan dengan pengamatan mata telanjang atau dengan bantuan kaca pembesar. Masukkan makrofauna dari anggota takson yang sama ke dalam satu cawan petri yang telah diisi formalin 5-10%.

4.2. Metode pengambilan contoh tanah untuk mesofauna

- Ambil contoh tanah (seperti diuraikan pada sub-bab 4.1.2) dengan bor tanah yang bertanda (0-5, 5-10, 10-15, dan 15-20 cm) (Gambar 1), dengan volume contoh tanah 50 cm³.
- Masukkan contoh tanah ke dalam kain katun agar di dalam contoh tanah tetap ada pertukaran udara sehingga mesofauna seperti Collembola dan Acarina tetap hidup.
- Bawa contoh tanah tersebut ke laboratorium tidak lebih dari 4 jam.

4.2.1. Koleksi Collembola dan Acarina

a. Metode pengapungan dan penyaringan (Southwood and Henderson 2000)

Metode yang menggunakan kombinasi teknik pengapungan dan penyaringan (*floating and sieving*) didasarkan atas perbedaan berat jenis fauna dan bahan organik dengan mineral tanah. Larutan garam yang digunakan menyebabkan fauna dan bahan organik tanah terapung sedangkan partikel tanah akan tenggelam. Bagian yang terapung disaring untuk memisahkan fauna tanah dan bahan organik.

Cara kerja:

- Pecah-pecah contoh tanah yang menggumpal sampai ukuran $<5 \text{ mm}^3$.
- Masukkan contoh tersebut ke dalam botol yang telah diisi larutan garam $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
- Aduk merata contoh tanah tersebut.
- Diamkan selama 4 jam.
- Saring bahan-bahan yang melayang dalam larutan maupun yang terapung di permukaan larutan dengan saringan nilon.
- Hasil penyaringan berupa serasah bahan organik tumbuhan dan hewan dari kelompok mesofauna Arthropoda dimasukkan ke dalam botol ukuran 100 ml.

b. Metode corong Berlese-Tullgren (Adianto 1983)

Penggunaan corong *Berlese-Tullgren* (dibahas lebih terinci pada 4.1.2b) didasarkan atas sifat Collembola dan Acarina yang tidak suka cahaya (fototaksis negatif). Alat ini terdiri atas corong yang bertindak sebagai tutup dan sekaligus sebagaiudukan lampu/bohlam, saringan dan botol penampung yang berisi larutan pembunuh, dan pengawet Collembola atau fauna tanah lainnya (Gambar 4). Contoh tanah dimasukkan ke dalam corong dan permukaan contoh tanah disinari dan dipanasi. Dengan sinar dan

panas ini, Collembola dan Acarina akan bergerak turun dari permukaan tanah, jatuh, dan masuk dalam botol penampung yang berisi larutan pengawet.

- Masukkan contoh tanah ke dalam corong *Berlese-Tullgren* dan ratakan.
- Nyalakan lampu bohlam pada corong *Berlese-Tullgren* (penyinaran dan pemanasan) selama 48 jam.
- Ambil dan tutup rapat botol koleksi setelah Collembola dan Acarina turun ke bawah dan masuk dalam botol tersebut (berisi alkohol 70%).

4.2.2. Identifikasi

Masukkan contoh mesofauna yang telah terkumpul hasil metode penyaringan dan pengapungan maupun hasil dari corong *Berlese-Tullgren* ke dalam cawan petri (diameter ± 5 cm) yang di bawahnya telah diberi garis-garis bersilang, sehingga terbagi atas beberapa petakan. Tempatkan dan kumpulkan (dengan memakai jarum/pinset/spatula kecil dan kaca pembesar) setiap mesofauna dari anggota takson yang sama pada satu petak. Kemudian lakukan pemisahan dengan memindahkan mesofauna atau yang telah terkumpul di petak tersebut memakai pipet ke dalam cawan petri lain yang telah diisi alkohol 70%. Dengan demikian, pada satu contoh tanah dapat diperoleh beberapa cawan petri yang berisi beberapa jenis fauna tanah.

Catatan :

Cawan petri yang berisi fauna yang belum siap diamati sebaiknya ditutup untuk mencegah terjadinya penguapan alkohol dan diberi label sesuai dengan label contoh tanah.

a. Pengamatan mikroskop untuk mesofauna

- Lihat dan amati spesimen yang ditemukan di bawah mikroskop binokuler dengan menggunakan cawan petri.

Spesimen yang termasuk Collembola. Spesimen Acarina, biasanya secara visual berwarna putih-kekuningan.

- Spesimen lainnya yang bukan merupakan Collembola maupun Acarina dipisah dan dihitung.
- Identifikasi spesimen-spesimen Colembola maupun Acarina dengan memakai mikroskop binokuler dan berpedoman pada buku-buku Arthropoda. Khusus untuk identifikasi Acarina bisa dipakai buku "*A Manual of Acarology*" yang disusun oleh Kranz (1978), sedangkan untuk Collembola menggunakan "*Check List of Collembolan Species Reported from Indonesia*" yang disusun oleh Yosii (1966).

b. Penghitungan kepadatan populasi

Hitung masing-masing jenis/spesies Colembolla, Acarina, dan Arthropoda lainnya dengan asumsi contoh tanah 50 g maka kepadatan Collembola dan Acarina tanah setiap ha atau per m² dapat dihitung.

4.3. Metode pengambilan contoh tanah untuk mikrofauna

4.3.1. Prosedur pengambilan contoh tanah

- Ambil contoh tanah (seperti diuraikan pada sub-bab 4.1.2) dengan bor tanah yang bertanda (0-5, 5-10, 10-15, dan 15-20 cm) (Gambar 1) dengan volume contoh tanah komposit 500 cm³.
- Masukkan contoh tanah ke dalam kantong plastik agar tanah tetap basah.
- Bawa contoh tanah tersebut ke laboratorium.

4.3.2. Nematoda

Nematoda adalah cacing gelang yang tidak bersegmen. Kelompok mikrofauna ini sangat beragam dan kebanyakan merupakan hewan mikroskopik dengan panjang tubuh >2 mm dengan

diameter lebar 0,05 mm (Van Gundy 1982). Nematoda dapat ditemukan dalam segala keadaan baik di tempat yang berair maupun yang hanya kadang-kadang berair. Nematoda memperoleh nutrisi dari sumber yang berbeda-beda. Banyak jenis nematoda merupakan parasit bagi manusia, hewan, tanaman, insekta, dan invertebrata lainnya. Tanaman dan binatang dapat menjadi inang dari satu jenis atau lebih nematoda parasit. Dengan demikian, banyak nematoda parasit yang merupakan hama dan penyakit merugikan. Sebaliknya, jenis nematoda hidup bebas yang memangsa bakteri dan jamur mempunyai fungsi ekologi yang nyata seperti perannya dalam siklus hara pada ekosistem tanah. Selain itu, nematoda yang hidup sebagai parasit pada patogen yang menyerang tanaman termasuk yang menguntungkan. Ada juga nematoda yang merupakan saprofit, yang memotong partikel tanah menjadi butiran yang lebih kecil dan mencampur bahan organik dengan bahan anorganik sehingga meningkatkan kesuburan tanah.

Nematoda dalam tanah dikelompokkan menjadi 8 kelompok berdasarkan jenis makanan atau karakteristik morfologi bentuk mulutnya, yaitu nematoda pemakan tanaman, hifa, bakteri, bahan organik, fauna, sel eukariotik, parasit tanaman pada tahap infeksi, dan omnivora. Perkembangbiakan nematoda ada yang seksual dan aseksual. Dalam siklus nematoda, ada 4 tahap juvenil antara telur dengan nematoda dewasa.

Nematoda merupakan kelompok fauna tanah yang dominan kedua setelah protozoa baik dalam populasi maupun dalam biomassa. Sekitar 90% nematoda berada pada kedalaman 15 cm dari permukaan tanah. Kelimpahan spesifik nematoda $< 1,1 \text{ g/cm}^3$, pada partikel tanah $> 2,0 \text{ g/cm}^3$, dan dalam larutan tanah $1,1\text{-}2,0 \text{ g/cm}^3$.

Pada kondisi lingkungan yang cocok, waktu regenerasi nematoda tanah (dari telur ke telur) berkisar 1-2 bulan (Anderson 1988). Pengamatan terhadap individu yang aktif dan hidup bebas diperlukan dalam studi ekologi.

a. Ekstraksi nematoda

Kelimpahan populasi dan spesies nematoda dilakukan dengan ekstraksi untuk memisahkan nematoda dari tanah atau jaringan tanaman. Ekstraksi dilakukan dengan mencuci contoh tanah/tanaman secara langsung sehingga nematoda terpisah dari tanah/tanaman, atau memancing nematoda bergerak keluar dari tanah/tanaman.

Metode ekstraksi nematoda pada dasarnya relatif sederhana dan cara kerjanya mudah. Namun demikian, tidak ada metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi populasi nematoda dalam segala situasi (Freckman and Baldwin 1990; Van Gundy 1982). Metode ekstraksi yang digunakan dipilih dan disesuaikan dengan jenis nematoda, biologi nematoda, tingkat parasit nematoda, jenis contoh tanah, dan data yang diperlukan (kualitatif ataupun kuantitatif). Metode ekstraksi dapat dipilih sesuai kebutuhan dan dapat merupakan salah satu, kombinasi, atau modifikasi dari metode yang ada. Efisiensi ekstraksi dipengaruhi antara lain jenis tanah, jenis nematoda, dan peralatan ekstraksi.

Metode ekstraksi dapat dibagi menjadi 3 (Aesch and Foissner 1996) yaitu:

1. Penghitungan secara langsung yaitu Nematoda dihitung langsung dari larutan contoh tanah.
2. Prosedur dinamik yaitu metode ekstraksi berdasarkan pergerakan nematoda. Prosedur ini disebut juga metode aktif karena nematoda dipancing agar aktif bergerak keluar dari tanah atau akar tanaman.

3. Prosedur mekanik yaitu metode ekstraksi berdasarkan perbedaan ukuran dan kerapatan. Prosedur ini disebut juga metode pasif dan menggunakan berbagai kombinasi penyaringan, penuangan, dan pengapungan. Contohnya adalah teknik sentrifugasi.

Ekstraksi nematoda dengan teknik penghitungan secara langsung dilakukan pada contoh tanah dengan volume sedikit dan tingkat pengenceran tinggi. Hasil yang diperoleh lebih baik dengan tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan metode yang lain. Metode ini dapat digunakan untuk semua jenis substrat. Namun demikian, metode ini jarang dipakai karena membutuhkan waktu yang relatif lama, yakni sekitar 4 jam terus menerus dengan efisiensi sekitar 85% (Aescht dan Foissner 1996).

Prosedur dinamik digunakan untuk nematoda aktif dengan memancing nematoda keluar dari tanah atau akar tanaman. Cara yang paling sederhana untuk prosedur dinamik ialah dengan menggunakan teknik baki Whitehead atau corong Baermann. Walaupun cara kerjanya sederhana tetapi ekstraksi memerlukan waktu 2-4 hari dan hasil tangkapan kurang baik untuk nematoda yang bergerak lamban atau yang berukuran besar. Pengujian cara ini seringkali diragukan keakuratannya.

Pada metode mekanik yang menggunakan cara penyaringan dan pengapungan, contoh tanah yang sama disaring berulang-ulang antara 2-8 kali untuk memperoleh hasil yang maksimum. Dengan cara ini nematoda yang lolos pada penyaringan pertama akan tertangkap pada penyaringan berikutnya.

Populasi nematoda yang diperoleh dengan metode penghitungan secara langsung hampir dua kali lipat daripada hasil yang diperoleh dengan metode pasif. Meyer (1995) memodifikasi teknik sentrifugasi yang ditemukan oleh Jenkins pada tahun 1964 dan melaporkan bahwa 60-90% nematoda tidak tertangkap

terutama yang berukuran kecil ($<38 \mu\text{m}$) dibandingkan dengan metode penghitungan secara langsung.

Estimasi jumlah total nematoda dilakukan segera setelah prosesing. Nematoda hidup yang bergerak lebih mudah dihitung dan diidentifikasi di bawah mikroskop daripada yang sudah mati dan difiksasi. Nematoda dapat disimpan pada suhu 15°C selama 1 minggu.

b. Penghitungan nematoda secara langsung (Lüftenegger et al. 1988)

Prinsip

Individu dan spesies nematoda dihitung langsung dari larutan tanah. Individu yang hidup dan yang sudah mati dibedakan dengan pewarnaan.

Peralatan

- Timbangan
- Bejana kecil (diameter 2-3 cm)
- Pengaduk kaca
- Pipet mikro dan tip
- Kaca objek untuk preparasi
- Mikroskop dan minyak imersi

Bahan

- Larutan stok ekstrak tanah standar
Rebus 300 g contoh tanah dalam 1 l akuades selama 10 menit. Saring larutan dan sterilisasi dalam autoklaf. Ekstrak tanah sangat mudah dikolonisasi oleh bakteri atau fungi. Oleh karena itu, sebelum ekstrak tanah digunakan sebaiknya disterilisasi kembali.
- Ekstrak tanah standar

Encerkan larutan stok ekstrak tanah standar dengan akuades dengan perbandingan 1:4 sampai 1:6 dan tera pH larutan menjadi pH 7.0 dengan HCl atau NaOH. Larutan kerja ini disiapkan sebelum digunakan kira-kira 10 ml.

Prosedur

- Masukkan 0,1 g contoh tanah basah ke dalam bejana (diameter 2-3 cm).
- Tambahkan kira-kira 1-3 ml ekstrak tanah standar kerja (tergantung jumlah populasi nematoda dan kandungan liat) ke dalam contoh tanah.
- Aduk larutan menggunakan pengaduk kaca untuk mendapatkan larutan yang homogen. Letakkan setetes larutan (0,1-0,3 ml) di atas kaca objek dan jangan tutup dengan kaca penutup.
- Lakukan langkah ini sebanyak sepuluh kali sehingga jumlah total tanah yang dianalisis 1 g tanah.

c. Teknik modifikasi sentrifugasi dan pengapungan contoh tanah (Jenkins 1964)

Prinsip

Jenkins (1964) menambahkan teknik sentrifugasi terhadap teknik penyaringan yang dimodifikasi dari Christie and Perry (1951). Teknik ini baik untuk analisis laboratorium secara rutin. Teknik ini menggunakan prinsip perbedaan gravitasi spesifik nematoda dan partikel tanah. Nematoda akan rusak jika berada lebih dari 10 menit dalam larutan sukrosa. Efisiensi ekstraksi sama antara nematoda yang bergerak aktif dengan nematoda yang bergerak lamban. Hasil maksimum diperoleh dengan mengulangi penyaringan filtrat.

Peralatan dan bahan

- Timbangan
- 2 wadah plastik volume 4 l
- Pengaduk kaca
- Botol semprot
- Gelas beaker
- Tabung plastik setrifugasi volume 50 ml dengan dasar bundar
- Saringan 38 μm
- Sentrifugasi dan tabung
- Mikroskop dengan minyak immersi
- Mikroskop binokular
- Larutan gula (sukrosa) 1,3 M
Larutkan 456 g sukrosa dalam 1 l akuades

Prosedur

- Masukkan sebanyak 100 g contoh tanah ke dalam wadah plastik. Buang batu dan akar-akar yang besar.
- Tambahkan 1 l akuades dan hindari jangan sampai meluap. Aduk selama 10 detik biar tercampur rata. Biarkan selama 10 menit agar partikel tanah yang besar mengendap.
- Tuangkan supernatan ke dalam wadah plastik kedua melalui saringan berukuran 38 μm . Bilas saringan di atas wadah plastik kedua. Buang tanah yang ada pada wadah plastik pertama.
- Nematoda yang tertangkap dicuci dari saringan dengan cara membilas dari bagian belakang saringan menggunakan botol semprot dan hasil bilasan dimasukkan ke dalam gelas beaker dengan sedikit akuades.
- Beberapa nematoda dapat lolos dari saringan. Oleh karena itu, saring kembali filtrat untuk mendapatkan nematoda

yang lepas dan penyaringan ini dapat diulangi sampai tiga kali.

- Aduk kembali larutan tanah pada wadah plastik kedua. Biarkan selama 1 menit, lalu tuang ke dalam wadah plastik pertama melalui saringan ukuran 38 μm . Bilas hasil tangkapan pada saringan di atas wadah plastik pertama. Kumpulkan hasil tangkapan dalam gelas beaker.
- Aduk kembali larutan yang ada dalam wadah plastik pertama, diamkan selama 1 menit. Perlahan-lahan tuangkan supernatan ke dalam wadah plastik kedua melalui saringan. Bilas saringan di atas wadah plastik kedua dan masukkan hasil tangkapan ke dalam gelas beaker.
- Proses keseluruhan mulai dari pencucian tanah dapat diulang dua kali atau lebih untuk mendapatkan hasil yang maksimum.
- Saring kembali hasil yang diperoleh dalam gelas beaker dengan saringan dan masukkan ke dalam tabung sentrifugasi.
- Turunkan nematoda dengan cara sentrifugasi selama 5 menit pada kecepatan 2200 rpm di dalam tabung sentrifugasi dan buang dengan hati-hati supernatan sampai airnya tinggal sedikit.
- Larutkan pelet yang mengandung nematoda dalam larutan gula, lalu diaduk rata dengan pengaduk kaca, dan sentrifugasi selama 3 menit dengan kecepatan 2200 rpm. Pada saat melakukan sentrifugasi, tidak boleh berhenti karena pelet tanah yang ada dalam dasar tabung akan naik dan tercampur lagi dengan nematoda. Buang bahan organik yang mengambang dari permukaan larutan gula. Cuci larutan gula yang di dalamnya terdapat nematoda dengan saringan 38 μm dan ambil nematoda. Filtrat dapat disaring

dua kali lagi untuk memperoleh hasil yang maksimum. Larutan gula pekat akan mengering dan merusak nematoda, jadi prosesnya harus dilakukan dengan singkat. Perlakuan dapat disimpan pada suhu 4⁰C sebelum dianalisis lebih lanjut. Larutan diencerkan dan diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 40 kali atau mikroskop binokular.

d. Teknik modifikasi sentrifugasi dan pengapungan contoh jaringan tanaman (Caveness and Jensen 1955)

Prinsip

Metode ini digunakan untuk mengekstrak nematoda dan telur dari jaringan tanaman. Untuk mengeluarkan nematoda dari jaringan tanaman dilakukan dengan memotong tanaman menggunakan *blender*. Selanjutnya nematoda dipisahkan dari jaringan tanaman dengan teknik penyaringan dan sentrifugasi.

Peralatan dan bahan

- Timbangan
- Blender
- Sentrifugasi dan tabung
- Saringan diameter 0,5 mm dan 5 µm
- Wadah plastik
- Cawan hitung
- Gelas piala
- Vorteks
- Kaolin
- Larutan sukrosa (500 g/l)

Prosedur

- Cuci bersih sebanyak 10 g akar dari tanah serta kotoran lain dan potong-potong sepanjang 1 cm tambahkan 100 ml air, lalu di-*blender* dengan kecepatan 10.000 rpm selama 5 detik.
- Untuk memisahkan jaringan tanaman yang kasar dari nematoda dan telur, saring suspensi dengan saringan diameter 0,5 mm ke dalam wadah plastik.
- Masukkan nematoda yang tertangkap ke dalam tabung sentrifugasi 50 ml dan tambahkan 1-2 sendok teh kaolin.
- Vorteks suspensi selama 30 detik dan sentrifugasi dengan kecepatan 420 g selama 4-5 menit.
- Tuang supernatan dan larutkan pelet dalam larutan sukrosa menggunakan vorteks lalu sentrifugasi dengan kecepatan 2.200 rpm selama 3-4 menit.
- Sesudah disentrifugasi, saring nematoda dengan saringan diameter 5 μm dan cuci dalam sebuah gelas piala yang berisi air.
- Kumpulkan nematoda dari saringan dan masukkan ke dalam cawan hitung dengan sedikit air.

4.3.3. Isolasi dan analisis kelimpahan protozoa

Protozoa merupakan salah satu kelompok fauna bersel tunggal yang ukurannya sangat beragam dari beberapa mikron sampai 4-5 mm dan hidup di berbagai lingkungan. Kebanyakan dari spesies protozoa terutama yang hidup dalam tanah merupakan organisme mikroskopik yang hanya dapat diteliti dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran yang tinggi. Protozoa terdiri atas empat kelompok besar yaitu flagellata, amuba, ciliata, dan sporozoa (Colome *et al.*, 1986) yang masing-masing jumlahnya sekitar $10^3/\text{g}$ tanah. Pembagian kelompok ini berdasarkan alat

gerak, pembelahan sel, dan tahap siklus hidup (Tabel 1). Panjang flagellata berkisar 5-20 μm , amuba >50 μm , sporozoa 45-60 μm , dan ciliata >100 μm (Lousier and Bamforth 1990).

Dalam interaksinya dengan mikroorganisme, peran utama protozoa adalah menyobek, menginokulasi, dan mengubah serasah tanaman secara kimia. Proses dan lubang penggalian protozoa meningkatkan volume pori dan aerasi tanah serta mencampur partikel-partikel tanah.

Banyak jenis protozoa merupakan predator bakteri, fungi, alga, kapang atau protozoa lainnya. Protozoa membutuhkan sekitar 10^3 - 10^5 bakteri untuk setiap bagian sel dan metabolisme harian (Anderson 1988). Karena itu protozoa banyak digunakan dalam proses penjernihan buangan limbah pabrik kertas. Dengan memanfaatkan protozoa, penjernihan air limbah dapat menekan biaya juga mengurangi dampak pencemaran perairan di pembuangan akhir bila dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia.

Protozoa meningkatkan mineralisasi dan penyerapan N tanaman melalui rantai makanan. Diperkirakan masukan C tahunan oleh aktivitas protozoa berkisar dari 10-22%. Rata-rata 70% respirasi binatang berasal dari protozoa. Hal ini terjadi karena protozoa berukuran sangat kecil sehingga butuh makanan lebih banyak untuk memenuhi kebutuhannya.

Protozoa dapat beradaptasi lebih cepat terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan eukariotik lainnya, karena membran eksternal yang lunak secara langsung berhubungan dengan lingkungan dan laju pertumbuhannya lebih cepat. Pada kondisi lingkungan yang cocok, waktu generasi protozoa tanah berkisar beberapa jam sampai beberapa hari (Anderson 1988; Lousier and Bamforth 1990). Pada kondisi lingkungan yang tidak cocok, protozoa aktif berubah menjadi kista, yaitu suatu tahap

dorman. Pada tahap dorman, protozoa tersebut tidak aktif dan tidak bergerak.

a. Isolasi protozoa

Prinsip

Protozoa dapat diisolasi dengan metode cawan petri. Contoh tanah basah dalam cawan petri merupakan suatu sistem ekologi tertutup yang memungkinkan suksesi spesies. Pengamatan dilakukan pada saat protozoa muncul yaitu sekitar 20-30 hari setelah inkubasi dan waktu inkubasi disesuaikan dengan jenis protozoa. Dengan menggunakan metode ini, pertumbuhan beberapa amuba dapat terhambat karena kondisi air yang terlalu basah atau kompetisi dengan protozoa lain. Penggunaan cawan agar yang mengandung bakteri memungkinkan amuba berkembang biak dengan baik, tetapi pertumbuhan ciliata terhambat karena ciliata membutuhkan lapisan air yang lebih tebal di atas permukaan agar.

Peralatan dan bahan

- Cawan petri steril diameter 10-15 cm
- Timbangan
- Akuades

Prosedur

Untuk mengisolasi protozoa secara umum dapat dilakukan dengan metode cawan petri, sedangkan untuk jenis protozoa yang lebih spesifik dilakukan dengan waktu inkubasi yang berbeda. Untuk mengisolasi amuba, selain metode cawan petri dapat juga digunakan metode cawan agar, sementara metode cawan agar dapat dilakukan dengan cawan gores atau cawan sumur (*well*). Berikut metode cawan petri untuk mengisolasi protozoa secara umum (Bamforth 1995).

- Masukkan serasah atau contoh tanah ke dalam cawan petri sebanyak 10-50 cm dengan tebal minimal 1 cm. Basahi dengan akuades sebanyak 5-20 ml tapi jaga jangan sampai meluap lalu inkubasi pada suhu ruang.
- Inkubasi cawan petri. Waktu inkubasi tergantung dari jenis protozoa yang diinginkan yakni:
 - 2–3 hari untuk mendapatkan flagellata, colpodid, beberapa ciliata lainnya.
 - 5–6 hari untuk mendapatkan amuba, ciliata kecil, hypotrichs
 - 8–10 hari untuk mendapatkan hypotrichs dan amuba
 - 15-20 hari terutama untuk mendapatkan amuba
 - 30 hari terutama untuk mendapatkan amuba

b. Enumerasi kelimpahan protozoa dengan MPN (Metode Darbyshire et al. 1974 yang dimodifikasi)

Prinsip

Jumlah populasi protozoa pada *most probable number* (MPN) dihitung dari ada atau tidaknya protozoa dalam biakan yang diperoleh dari serial pengenceran tanah yang selanjutnya dibandingkan dengan tabel MPN (Fisher and Yates 1963). Metode MPN dapat dilakukan dengan metode pengenceran kelipatan dua Singh (1955), Stout (1962), atau metode Darbyshire et al. (1974). Metode ini tidak dapat membedakan antara protozoa yang aktif dengan protozoa yang mengkista (Bamforth 1995).

Metode MPN dapat membedakan flagellata, amuba, dan ciliata. Pada pengenceran yang rendah tetesan harus dipindahkan dari cincin untuk mendapatkan protozoa, tetapi proses pengamatannya dapat dikaburkan oleh partikel-partikel tanah. Pada kondisi biakan tidak optimal, protozoa bersaing dan saling memangsa satu dengan yang lain. Protozoa yang dorman (terutama amuba) dapat mengkista selama masa inkubasi,

sehingga mengaburkan interpretasi antara protozoa yang mengkista dan yang aktif. Bamforth (1995) menggunakan teknik HCl 2% pada sub contoh untuk menghancurkan bentuk yang aktif dan menginkubasi bentuk mengkista yang hidup. Namun demikian, asam juga dapat menghancurkan kista dan menstimulasi beberapa protozoa untuk mengkista yang tidak akan ada dalam contoh yang tidak diberi perlakuan.

Peralatan

- Cawan petri steril
- Cawan mikrotiter 96 lubang
- Pipet

Bahan

- Akuades
- Ekstrak tanah
 - Rebus 300 g tanah dalam 1.000 ml akuades selama 10 menit lalu disaring dan disterilisasi dengan autoklaf. Encerkan ekstrak tanah dengan akuades dengan perbandingan 1:5, kemudian sesuaikan pH ekstrak tanah dengan HCl atau NaOH.
- Biakan *Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes*, atau bakteri tanah yang cocok.

Prosedur

- Siapkan suspensi tanah dengan perbandingan 1:5 (b/v), gunakan ekstrak tanah sebagai pengencer. Selanjutnya buat serial pengenceran kelipatan dua yaitu 1:10, 1:20, 1:40, dan seterusnya sebanyak 12 tingkat pengenceran.
- Pipet 0,05 ml dari masing-masing pengenceran ke dalam delapan lubang dari 96 lubang pada cawan mikrotiter.
- Inkubasi pada suhu ruang dan lakukan pengamatan dengan interval pengamatan 4 hari. Setelah 1 minggu, tambahkan

suspensi bakteri ke dalam lubang-lubang agar kista protozoa (terutama amuba) muncul.

- Hitung jumlah lubang yang negatif dan cocokkan dengan tabel MPN (Fisher and Yates, 1963). Contoh perhitungan disajikan pada Tabel 2 dan 3.

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan} \quad x &= X/n \\ y &= s - x \\ \log \lambda &= x \log a - K\end{aligned}$$

Keterangan:

x = rata-rata tingkat positif

X = jumlah total lubang positif

n = ulangan (jumlah lubang) pada tiap pengenceran

y = rata-rata tingkat negatif

s = banyaknya tingkat pengenceran

λ = jumlah populasi per lubang pada konsentrasi tertinggi

a = faktor pengenceran

K = konstanta, nilainya dilihat pada tabel berdasarkan nilai x atau y

Tabel 2. Contoh hasil pengamatan protozoa dengan ulangan 8 lubang per tingkat pengenceran

No.	Tingkat pengenceran	Jumlah lubang positif
1	1 : 10	8
2	1 : 20	8
3	1 : 40	8
4	1 : 80	7
5	1 : 160	7
6	1 : 320	6
7	1 : 640	3
8	1 : 1280	1
9	1 : 2560	0
10	1 : 5120	0
11	1 : 10240	0
12	1 : 20480	0
Total		48

Maka hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

$$x = 48/8 = 6$$

$$y = 12 - 6 = 6$$

$$\log \lambda = 6 \log 2 - 0,397 = 1,409; \lambda = 25,66$$

Jumlah populasi protozoa adalah 25.660 per g tanah.

Tabel 3. Jumlah populasi organisme yang diestimasi dari metode pengenceran (Fisher and Yates 1963)

x	Tingkat pengenceran							
	4	5	6	7	8	9	10	≥ 11
0,4	,757	,773	,781	,785	,787	,788	,789	,789
0,6	,622	,640	,649	,653	,655	,656	,657	,657
0,8	,537	,556	,556	,571	,573	,574	,575	,575
1,0	,479	,500	,511	,516	,518	,520	,520	,521
1,2	,437	,461	,472	,478	,480	,482	,482	,483
1,4	,406	,432	,444	,450	,453	,455	,456	,456
1,6	,381	,411	,424	,431	,435	,436	,437	,438
1,8	,361	,394	,410	,417	,421	,423	,424	,425
2,0	,344	,382	,399	,408	,412	,414	,415	,416
2,5		,358	,382	,394	,399	,402	,403	,405
3,0			,370	,386	,394	,398	,400	,402
3,5				,379	,390	,396	,399	,401
4,0					,386	,394	,397	,401
4,5						,390	,396	,401
5,0							,394	,401
y								,401*
7,0								,399
6,0								,397
5,0							,394	,394
4,5						,390	,390	,390
4,0					,386	,386	,386	,386
3,5				,379	,379	,379	,379	,379
3,0			,370	,370	,370	,370	,370	,370
2,5		,358	,356	,356	,356	,356	,356	,356
2,0	,344	,334	,334	,334	,334	,334	,334	,334
1,8	,327	,323	,323	,323	,323	,323	,323	,323
1,6	,311	,309	,309	,309	,309	,309	,309	,309
1,4	,293	,292	,292	,292	,292	,292	,292	,292
1,2	,271	,271	,271	,271	,271	,271	,271	,271
1,0	,245	,245	,245	,245	,245	,245	,245	,245
0,8	,212	,212	,212	,212	,212	,212	,212	,212
0,6	,167	,167	,167	,167	,167	,167	,167	,167
0,4	,101	,101	,101	,101	,101	,101	,101	,101

*: Bila nilai x dan y di luar kisaran nilai x dan y di atas, maka nilai K 0,401

c. Enumerasi kelimpahan protozoa secara langsung dari larutan tanah

Prinsip

Individu dan spesies dihitung secara langsung dalam suspensi tanah. Ada beberapa metode menghitung protozoa, secara umum dan spesifik jenis protozoa. Sel protozoa secara umum dipisahkan dari partikel tanah dengan sentrifugasi gradien kepadatan, pewarnaan dengan epifluoresen, dan dipekatkan dengan saringan untuk pengamatan secara langsung di bawah mikroskop. Penghitungan secara langsung, khususnya amuba dan ciliata hidup dilakukan dengan mencampurkan sedikit contoh tanah dengan sedikit ekstrak tanah (untuk mengurangi tekanan osmotik) sehingga memungkinkan pengamatan tetes demi tetes contoh tanah untuk mengestimasi jumlah populasi yang aktif. Spesimen hidup dan mati dibedakan dengan pewarnaan.

Peralatan

- Pipet mikro dan kaca objek
- Inkubator goyang
- Sentrifugasi dan tabung
- Filter membran warna hitam diameter 25 mm dengan pori ukuran 0,8 μm
- Pengaduk/stirer magnetik

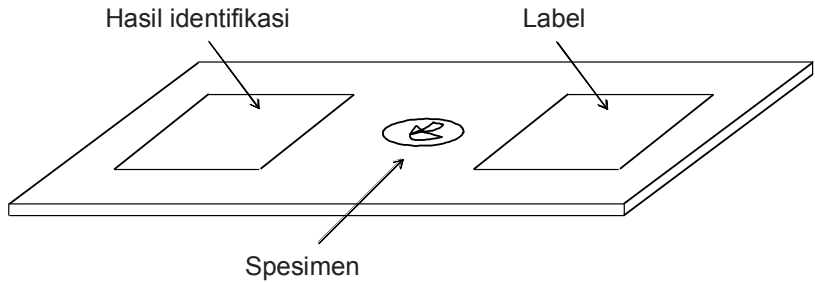
Bahan

- Bufer Tris 50 mM, pH 7,5
- Iodonitrotetrazolium (INT) 0,4% (w/v)
- Glutaraldehid 25% (v/v)
- Kolom percoll: 5 ml masing-masing percoll, 0,1 ml bufer fosfat
- Diamidinofenil indole (DAPI) 5 $\mu\text{g ml}^{-1}$
- Larutan akridin oranye 33 $\mu\text{g ml}^{-1}$

Prosedur

- Penghitungan populasi protozoa secara umum adalah dengan metode sentrifugasi.
- Larutkan 5 g tanah yang sudah disaring dengan 50 ml bufer Tris lalu goyang menggunakan inkubator goyang selama 10 menit.
- Diamkan selama 1 menit dan kemudian pindahkan 1 ml ke dalam tabung kecil yang berada 5 cm di bawah meniskus dalam tabung. Inkubasi dengan 0,1 ml INT 4% selama 4 jam pada suhu 25⁰C.
- Tetapkan dengan 0,1 ml glutaraldehida 25% dan kemudian masukkan ke dalam 5 ml kolom fosfat perkol dalam tabung sentrifugasi polikarbonat steril 15 ml. Biarkan selama 30 menit, lalu sentrifugasi pada kecepatan 500 rpm selama 2 jam.
- Tuang supernatan dan warnai dengan 1 ml DAPI. Saring dengan filter hitam diameter 25 mm dengan pori 0,8 μ m menggunakan penghisap -7 kPa. Warnai dengan larutan akridin oranye.
- Letakkan filter pada kaca objek dan amati protozoa menggunakan mikroskop epifluorescens dan minyak imersi.
- Pelaksanaan identifikasi secara morfologi/anatomi untuk menentukan klasifikasi mikrofauna tanah membutuhkan pengamatan lebih terinci menggunakan mikroskop yaitu dengan mengamati preparat spesimen yang dipersiapkan terlebih dahulu. Teteskan larutan Hoyer di bagian tengah gelas preparat ukuran 55 mm x75 mm, kemudian spesimen-spesimen dari satu spesies fauna diletakkan menempel di atas tetesan larutan Hoyer pada berbagai posisi yang berbeda (*ventral* = arah perut, *dorsal* = arah punggung, dan *lateral* = arah samping). Bagian kanan gelas preparat diberi label yang berisi tanggal, lokasi, dan nama kolektor,

sedangkan bagian kiri untuk mencatat hasil identifikasi meliputi nama spesies dan famili (Gambar 6). Setiap jenis ditentukan nama jenisnya sampai pada kategori takson paling rendah yang dimungkinkan/diketahui, misalnya sampai pada kategori takson famili, genus, atau spesies.



Gambar 6. Preparat mikrofauna tanah untuk diidentifikasi dengan pengamatan di bawah mikroskop (Suin, 2003).

Perhitungan

1) Kelimpahan atau jumlah populasi

Jumlah populasi dihitung per g berat kering atau per m² tanah. Oleh karena itu, kandungan air dan atau kerapatan dari lapisan tanah harus diuji terlebih dahulu dengan metode standar.

$$I. g^{-1} bk = (I_{bb} \cdot 100) / (Bb. \% bk)$$

$$I. m^{-2} = (I_{bb} \cdot B. D. 10^4 \cdot 100) / (Bb. \% bk)$$

Keterangan:

- I = kelimpahan (jumlah) populasi
- I_{bb} = jumlah populasi dalam tanah basah
- Bb = berat tanah basah (g)
- B = *bulk density* (g/cm³)
- D = kedalaman lapisan contoh tanah yang dianalisis (cm)
- 10⁴ = ketetapan *bulk density* sampai 1 m² (1 m² = 10⁴ cm²)
- 100/%bk = ketetapan untuk berat kering tanah

2) Biomassa

Paling sedikit 10 individu tiap spesies diukur. Volume rata-rata yang diperoleh dapat dihitung setara dengan berat per berat tanah basah karena berat spesifik mikrofauna kira-kira 1 g cm^{-3} .

$$\text{BM g}^{-1} \text{ bk} = \sum_{i=1}^s I_{ibk} \cdot Bb_i.$$

$$\text{BM. m}^{-2} = \sum_{i=1}^s I_i \cdot W_i \cdot 0,15$$

Keterangan:

BM = biomassa kering

s = jumlah total spesies

I_{ibk} = jumlah individu spesies ke i per g berat kering tanah

Bb_i = berat basah spesies ke i

W_i = bobot massa per spesies ke i

0,15 = faktor konversi dari bobot basah ke bobot kering massa

bk = berat kering tanah

I_i = jumlah spesies ke i per m^2

4.4. Pengukuran faktor fisik lingkungan

Pada saat pengumpulan hasil tangkapan, lakukan pengukuran suhu udara, suhu tanah, dan kelembapan udara relatif serta keadaan cuaca. Selain itu, ambil contoh tanah untuk penetapan kadar air, kadar bahan organik, dan pH tanah di laboratorium (Lembaga Penelitian Tanah 1979; Suin 2003).

Pengukuran suhu udara dilakukan dengan menggunakan termometer yang digantungkan kira-kira 1 m di atas permukaan tanah. Untuk mengukur suhu tanah, masukkan termometer ke dalam tanah dengan cara membuat lubang menggunakan besi

berdiameter sama dengan termometer yang digunakan, kemudian masukan termometer ke dalam lubang tersebut sampai kedalaman yang dikehendaki. Sebagai contoh, untuk lapisan olah cukup sampai kedalaman 20 cm. Gunakan higrometer untuk mengukur kelembapan udara relatif, pengukuran dilakukan jam 9.00-11.00.

4.5. Pelabelan

Pada saat bekerja di lapangan, beri label semua contoh yang diambil dan simpan pada tempat-tempat khusus sesuai keperluan seperti kantung kain katun untuk contoh tanah, botol-botol tempat menyimpan contoh sesuai tempat, waktu pengambilan, kedalaman tanah, dan lain-lain. Setelah seluruh keperluan pengambilan contoh telah siap, kemudian contoh dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi.

Siapkan buku catatan khusus untuk mencatat keadaan yang tidak berhubungan langsung dengan pekerjaan pengambilan contoh tanah, namun mendukung dan mempengaruhi secara langsung keberadaan fauna tanah di lapangan, seperti suhu udara, cuaca, musim, tipe agrosistem, dan kondisi lain, yang perlu dicatat secara khusus.

V. PENGHITUNGAN DAN INTERPRETASI DATA

Untuk dapat mengetahui status kondisi tanah/lahan yang diteliti perlu dilakukan penghitungan dan interpretasi data, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Hitung berapa jenis fauna yang ada, jumlahkan setiap individu dalam tiap-tiap jenis dan catat seperti pada lembar data pengamatan (pada contoh lembar data pengamatan dipersingkat) seperti pada lembar data pengamatan.
- Lakukan penghitungan dan interpretasikan data distribusi fauna tanah (Suin 2003) yang diperoleh pada setiap titik pengamatan, sebagai berikut:

$$I = (N \sum X^2 - \sum X)^2 : (\sum X^2 - \sum X)$$

Keterangan: `

I = Index Morista

N = Jumlah seluruh contoh

X = Jumlah individu setiap contoh

Interpretasi:

I = 1, distribusi fauna random

I > 1, distribusi fauna berkelompok

I < 1, distribusi fauna beraturan

Lembar Data Pengamatan

Lokasi : Desa (kecamatan, kabupaten)/posisi geografis
 No./kode contoh :
 Tanggal pengamatan :
 Satuan pengamatan : ekor/m²; m³; /kg tanah; atau (lainnya)
 Pengambil contoh :

No.	Kelas	Ordo	Subordo	Famili	Genus	Spesies	Jumlah
Total							

Kelimpahan populasi dan kelimpahan relatif fauna tanah (Suin, 2003).

$$K \text{ jenis A} = \frac{\text{Jumlah individu jenis A}}{\text{Jumlah unit contoh/luas atau volume tanah}}$$

$$KR \text{ jenis A} = \frac{K \text{ jenis A}}{\text{Jumlah K semua jenis}} \times 100\%$$

Keterangan:

- K = Kelimpahan populasi
- KR = Kelimpahan relatif

Interpretasi:

- Jika A merupakan jenis fauna yang bermanfaat bagi pertanian, semakin tinggi nilai K atau KR berarti pengelolaan tanah dan tanaman mengarah pada kebersinambungan budi daya tanaman.
- Jika A merupakan jenis fauna yang merugikan bagi pertanian, semakin tinggi nilai K atau KR berarti pengelolaan tanah dan tanaman secara ekologis tidak menguntungkan dan pada nilai tertentu (ambang batas) mengancam kebersinambungan budidaya tanaman. Hal ini juga dipengaruhi oleh kelimpahan fauna tanah lain yang bertindak sebagai predator bagi jenis fauna yang merugikan tersebut.

Indeks keragaman dan dominasi fauna tanah Metode Shannon-Wiener and Simpson (Odum 1971).

$$\text{Indek keragaman} = \sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

$$\text{Indek dominansi} = \sum (ni/N)^2$$

Keterangan:

- ni = jumlah individu tiap jenis
- N = jumlah total seluruh jenis

Interpretasi:

- Nilai indeks keragaman semakin tinggi, dinamika biologis dan proses daur hara tanah semakin baik.
- Nilai indeks dominasi mendekati 1, terjadi ketidakseimbangan populasi dari jenis-jenis fauna yang ada dalam tanah, jenis fauna tanah tertentu mendominasi fauna tanah lainnya. Pengelolaan tanah dan tanaman secara ekologis kurang menguntungkan bagi keberlanjutan usaha tani.

- Nilai dominasi mendekati 0,5 menunjukkan bahwa populasi dari masing-masing jenis fauna dalam keadaan seimbang. Pengelolaan tanah dan tanaman secara ekologis mendukung bagi keberlanjutan usaha tani.

DAFTAR PUSTAKA

- Adianto.1983. Biologi Pertanian. Penerbit ALUMNI Bandung.
- Aescht, E. and W. Foissner. 1996. Microfauna. p. 316-337. *In* F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler, and R. Margesin (*Eds.*). Methods in Soil Biology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. Germany.
- Anderson, J.M. and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. 2nd ed. CAB International. Wallingford. UK.
- Anderson, J.M. 1988. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. *Biol. Fertil. Soils*. 6:216-227.
- Anwar, E.K., P. Kabar, dan Subowo. 2006. Pemanfaatan cacing tanah *Pheretima hupiensis* untuk meningkatkan produksi tanaman jagung. *Jur. Penel. Pert. Faperta UISU* 25(1):42-51.
- Anwar E.K., Subowo, dan Jati P. 2011. Karakterisasi dan Evaluasi Kesesuaian Populasi Hayati Tanah terhadap Produksi Tanaman Kedele. Laporan Akhir Balai Penelitian Tanah (tidak dipublikasikan).
- Anwar E.K., Subowo, Jati P, dan Elsanti. 2012. Penelitian karakterisasi dan Evaluasi Kesesuaian Populasi Hayati Tanah terhadap Produksi Jagung. Laporan Akhir Balai Penelitian Tanah (tidak dipublikasikan).
- Bamforth, S.S. 1995. Isolation and counting of Protozoa. *In* K. Alef and P. Nannipieri (*Eds.*). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Acad. Press. New York. Or London.
- Burrows, M. and M.D. Picker. 2010. Jumping mechanisms and performance of pygmy mole crickets (Orthoptera, Tridactylidae). *The Journal of Experimental Biology* 213:2386-2398.

- Car C.A. and M.S. Harvey. 2013. Zookeys 290:1-19. Published online 2013 April 16.doi: 10.3897/zookeys.290.5114.
- Caveness, F.E. and H.J. Jensen. 1955. Modification of the centrifugal-flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proc. Helminth. Soc. Wash.* 22:87-89.
- Christie, J.R. and V.G. Perry. 1951. Removing nematodes from soil. *Proc. Helminthol. Soc. Wash.* 18(2):106-108.
- Colome, J.S., R.J. Cano, A.M. Kubinski, and D.V. Grady. 1986. *Laboratory Exercises in Microbiology*. West Pub. Co. St. Paul, Minn.
- Curry, J.P. and J.A. Good. 1992. Soil fauna degradation and restoration. *Advances in Soil Sci.* 17:171-215.
- Darbyshire, J.F., R.E. Wheatley, M.P. Greaves, and R.H.E. Inkson 1974. A rapid micromethod for estimating bacterial and protozoan populations in soil. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 11:465-475.
- Fisher, R.A. and F. Yates. 1963. *Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research*. Edinburgh and London, Oliver and Boyd.
- Freckman, D.W. and J.G. Baldwin. 1990. Nematoda. p. 155-200. In D.L. Dindal (*Ed.*). *Soil Biology Guide*. John Wiley and Sons. New York.
- Hanafiah, K.A., I. Anas, A. Napoleon, dan N. Ghoftar. 2005. *Biologi Tanah: Ekologi dan Makrobiologi Tanah*. Divisi Buku Perguruan Tinggi. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hidayat, A. dan A.K. Makarim. 1992. Pengambilan dan persiapan contoh tanah dan tanaman. *Bulletin Teknik No.4*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Bogor.

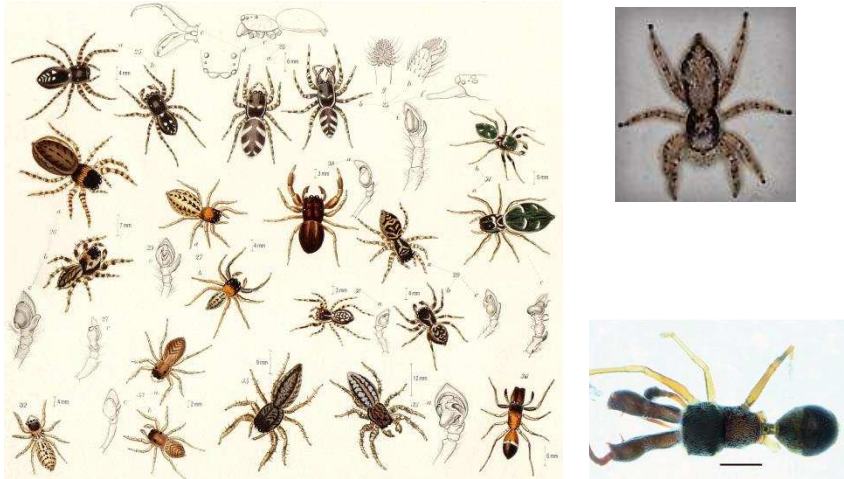
- Hill, S.B. 1986. Soil fauna and agriculture: Past findings and future priorities. *Quaestiones Entomologica* 21(4):637-644.
<http://bugguide.net/node/view/> [4 Jan 2014].
<http://www.collembola.org/> [4 Jan 2014].
<http://www.invasive.org/browse/Taxthumb.cfm?fam=1203> [4 Jan 2014].
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant. Dis. Rep.* 48:692.
- Kimmins, J.P. 1987. *Forest Ecology*. Macmillan Pub. Co, New Jersey.
- Krantz, G.W. 1978. *A Manual of Acarology*. 2nd ed. Oregon St. Univ. Bookstore, USA. 509 pp.
- Lake, E. and S. Supak. 1996. What's the Deal with Yucky Old Worms? Sierra Pelona Press. p.1-2.
- [LPT], Lembaga Penelitian Tanah. 1979. *Penuntun Analisis Fisika Tanah*. Departemen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Lousier, J.D. and S.S. Bamforth. 1990. Soil Protozoa. In D.L. Dindal (*Ed.*). *Soil Biology Guide*. A Wiley-Intersci. Pub. New York.
- Lüftenegger, G., W. Petz, W. Foissner, and H. Adam. 1988. The efficiency of a direct counting method in estimating the numbers of microscopic soil organisms. *Pedobiologia* 31:95-101.
- Meyer, E. 1995. Methods in soil zoology: nematodes (nematoda). p. 310-337. In F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler, and R. Margesin (*Eds.*). *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd ed. W.B. Sanders Company, Philadelphia, London.

- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi keempat. Terjemahan Tjahjono Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Singh, B.N. 1955. Culturing Protozoa and estimating their numbers in the soil. *In* Kevin D.E.M. (Ed.). *Soil Zoology*, p. 403-411. Butter worth, London.
- Southwood, T.R.E. and P.A. Henderson. 2000. *Ecological Methods*. 3rd ed. Blackwell Sci. Ltd.
- Stout, J.D. 1962. An estimation of microfaunal populations in soils and forest litter. *J. Soil Sci.* 13: 314-320.
- Suhardjono, Y.R. dan S. Adisoemarto. 1997. Arthropoda Tanah dan Artinya Bagi Tanah. Makalah pada Kongres dan Simposium Entomologi V, Bandung 24-26 Juni 1997. Perhimpunan Entomologi Indonesia. (Tidak dipublikasikan).
- Suin, N.M. 2003. *Ekologi Hewan Tanah*. Bumi Aksara Jakarta. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayati. ITB.
- Swift, M.J., O.W. Heal, and J.M. Anderson. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Vol. 5, Univ. California Press.
- Thomas, C.A. and G.H. Mitchell. 1951. Eelworms nematodes as pests of mushroomss. *Mushroom-Growers' Assoc. Bull.* 22:61-71.
- Van Gundy, S.D. 1982. Nematodes. p. 1121-1131. *In* Page A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis*. 2nd ed. Americans Soc. Agronomy, Inc. Soil. Sci. Soc. America, Inc. Pub. Madison, Wisconsin, USA.
- Wallwork, J.A. 1970. *Ecology of Soil Animals*. Mc Graw Hill Pub. London.
- Watson, L. and M.J. Dallwitz. 2003. The families of British spiders. Version: 4th January 2012 <http://delta-intkey.com/britsp/images/bw032.jpg> (4 Jan 2014).

- Witt, B. 1997. Using soil fauna to improve soil health. *Restor. Recl. Rev. Student on line J.* 2 (8), Dept. Hort. Sci. Univ. Minnesota, St Paul, MN, <http://conservancy.umn.edu/bitstream/58873/1/2.8.Witt.pdf> (7 Jan 2014).
- Yamasaki T. and G.B. Edwards. 2013. The genus *Myrmarachne* (Araneae, Salticidae) in Flores, Indonesia. *ZooKeys* 299:1-20. doi:10.3897/zookeys. 299.4970. www.zookeys.org (7 Jan 2014).
- Yosii, R. 1966. Check list of collembolan species reported from Indonesia. *Treubia* 27:45-52.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar penampilan morfologi fauna tanah
(Kelompok Makrofauna)

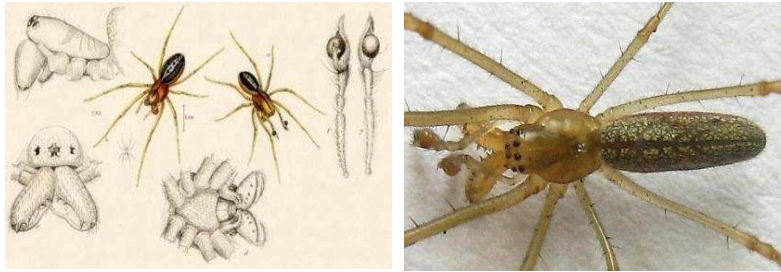


Gambar 1. Famili Salticidae (Sumber: Watson and Dallwitz, 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/bw032.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/560639>; Yamasaki and Edwards 2013).

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat kehitaman, mempunyai ukuran kecil sampai sedang, berambut, biasanya terdapat garis-garis, dan mempunyai pola mata yang jelas yaitu empat pasang mata dengan satu pasang mata berukuran lebih besar dari yang lainnya. Dalam ekosistem, fauna ini berfungsi sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
Kelas : *Arachnida*
Ordo : *Araneae*
Famili : *Salticidae*

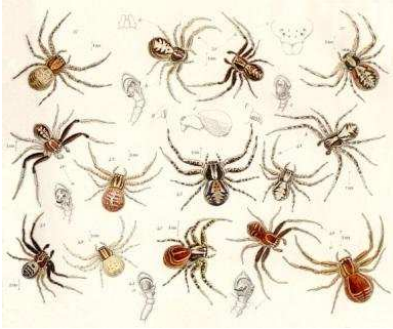


Gambar 2. Famili Tetragnathidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/tetra01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/500439>)

Ciri-ciri: laba-laba ini mempunyai bentuk tubuh yang panjang dan ramping berwarna kecoklat-coklatan.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Arachnida*
 Ordo : *Araneae*
 Famili : *Tetragnathidae*



Gambar 3. Famili Thomisidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/bw041.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/565982>)

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk pipih, berukuran 3,0-8,5 mm, dengan sedikit tanda bintik hitam. Dua pasang kaki pertama lebih besar dan kuat dibanding dengan kaki-kaki lainnya yang berguna untuk menangkap mangsa.

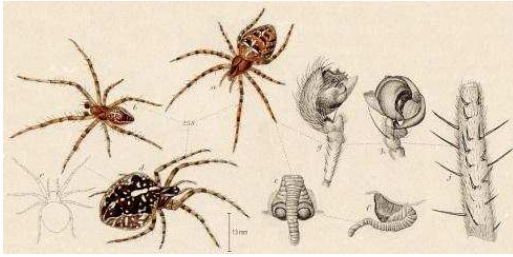
Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Arachnida*

Ordo : *Araneae*

Famili : *Thomisidae*

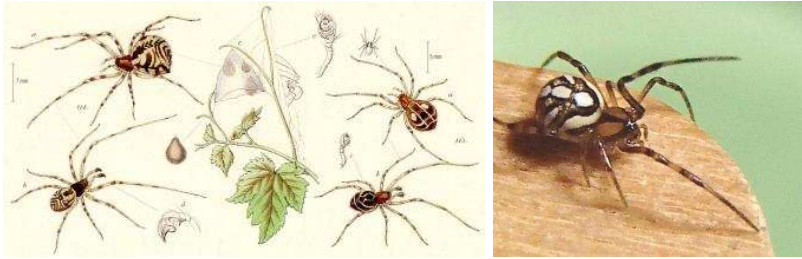


Gambar 4. Famili Araneidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/aran01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/12940>)

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk bulat, berwarna coklat kehitaman, biasanya terdapat bintik-bintik kecil berwarna putih, terdapat rambut-rambut kasar pada tulang paha dan tulang kering pasangan-pasangan tungkai pertama, kedua dan keempat. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Arachnida*
 Ordo : *Araneae*
 Famili : *Araneidae*

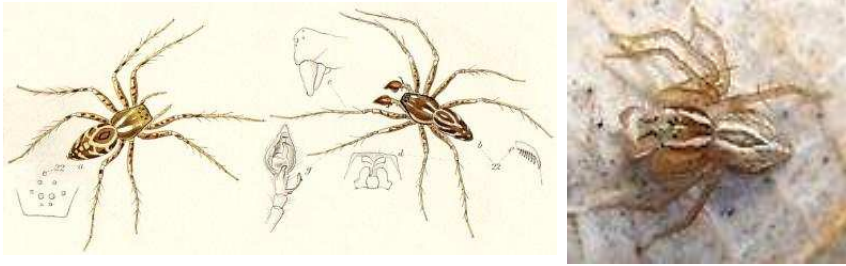


Gambar 5. Famili Theridiidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/theri01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/854364>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat kehitaman, mempunyai prosoma kecil, opistosoma besar dan membulat, dan tungkai biasanya membengkok. Fauna ini sering disebut laba-laba berkaki sisir. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Arachnida*
 Ordo : *Araneae*
 Famili : *Theridiidae*

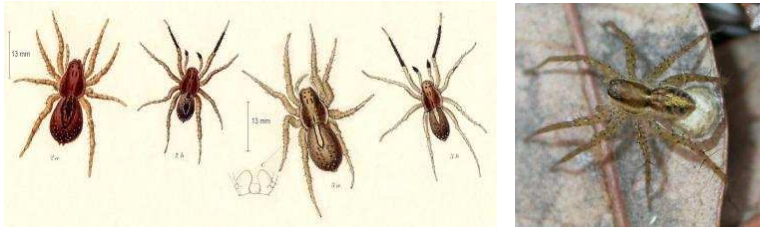


Gambar 6. Famili Oxyopidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/oxyop01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/621838>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat kemerah-merahan, tungkai yang berduri, dan delapan mata berada dalam satu kelompok segi enam. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Arachnida*
 Ordo : *Araneae*
 Famili : *Oxyopidae*



Gambar 7. Famili Lycosidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/lycos01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/109736>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat kehitaman, dapat dikenali dari pola mata yang khas yaitu empat mata yang kecil pada baris pertama, dua mata yang besar pada baris kedua, dan dua mata yang kecil pada baris yang ketiga. Fauna ini sering disebut dengan laba-laba tanah atau serigala. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Arachnida*
 Ordo : *Araneida*
 Famili : *Lycosidae*



Gambar 8. Famili Lygaeidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent481.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/238326>; <http://bugguide.net/node/view/262702>)

Ciri-ciri: Kebanyakan anggota kelompok ini memiliki tulang paha depan yang membesar dan tampak seperti perenggut, biasanya dapat dikenali dari sungut beruas empat, mata tunggal dan rangka-rangka sayap beruas empat atau lima pada selaput tipis. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hemiptera*
 Famili : *Lygaeidae*



Gambar 9. Famili Coreidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent174.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/728743>)

Ciri-ciri: Tubuh berukuran sedang sampai besar (7-30 mm), kepala lebih pendek dan lebih sempit dari pada pronotum, sungut empat ruas, sayap yang tipis, mempunyai kelenjar bau yang bermuara di atas koksa tengah dan belakang. Habitat: di tempat yang kering atau pada tumbuhan yang menghasilkan buah. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

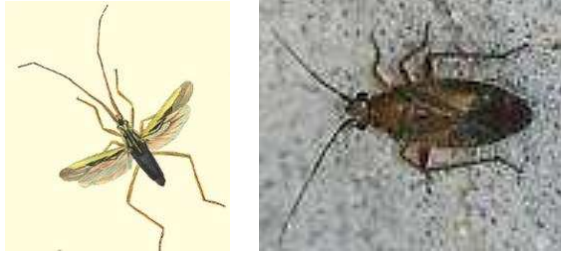
Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Insecta*

Ordo : *Hemiptera*

Famili : *Coreidae*



Gambar 10. Famili Miridae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003
<http://delta-intkey.com/britin/images/bent701.jpg>;
<http://bugguide.net/node/view/262763>)

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk oval dan lunak, kebanyakan panjangnya 4-10 mm, mempunyai warna yang bervariasi, beberapa jenis bertanda terang warna merah, oranye, hijau, atau putih, antena 4 ruas, dan tidak mempunyai oselus. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hemiptera*
 Famili : *Miridae*

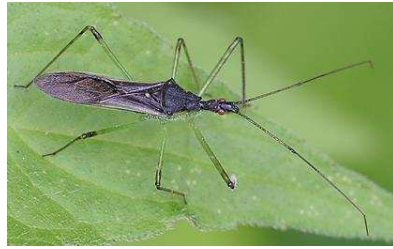


Gambar 11. Famili Cydnidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent074.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/271642>; <http://bugguide.net/node/view/314954>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat kemerah-merahan dengan panjang kurang dari 8 mm, memakan akar-akar tanaman, dan aktif pada malam hari. Habitat: di bawah batu-batuan atau sekitar akar rumput. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hemiptera*
 Famili : *Cydnidae*



Gambar 12. Famili Reduviidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent453.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/117210>)

Ciri-ciri: Tubuh panjang, berwarna hitam atau coklat, kepala memanjang dengan bagian belakang mata seperti leher, dan tulang paha depan menebal. Habitat: lahan kering maupun basah. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

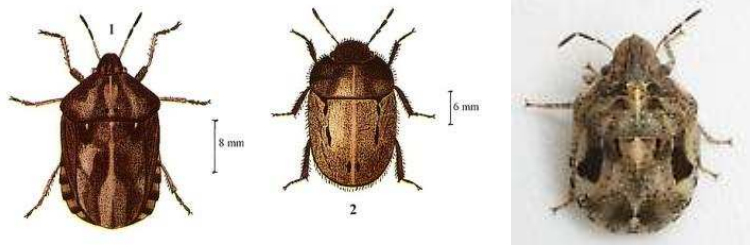
Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Insecta*

Ordo : *Hemiptera*

Famili : *Reduviidae*



Gambar 13. Famili Scutelleridae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/scutel01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/351477>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna agak kecoklatan, mempunyai sayap belakang dengan vena-vena seperti taji, mempunyai 3 tarsus, sudut protoraks tanpa duri, *skutellerid* panjangnya 8-10 mm. Fauna ini memakan jenis tumbuh-tumbuhan. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hemiptera*
 Famili : *Scutelleridae*

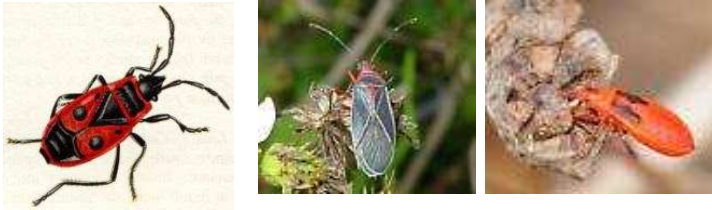


Gambar 14. Famili Gerridae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/635420>; <http://bugguide.net/node/view/192861>)

Ciri-ciri: Mempunyai sayap yang tipis, bentuk tubuh panjang dan berkepala bulat, warna tubuh coklat kemerahan, terdapat antena yang panjang dengan tipe mulut menggigit. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai parasitoid.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hemiptera*
 Famili : *Gerridae*



Gambar 15. Famili Pyrrhocoridae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent465.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/157673>; <http://bugguide.net/node/view/301562>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna merah kuning kehitaman, dengan bentuk tubuh bulat memanjang, biasanya bertanda cemerlang berwarna merah atau coklat dan hitam, biasanya berukuran 11-17 mm. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hemiptera*
 Famili : *Pyrrhocoridae*



Gambar 16. Famili Formicidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent752.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/530398>; <http://bugguide.net/node/view/598740>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna hitam, ukuran tubuh besar, kepala seperti segi tiga cembung, torak memanjang sempit, metanotum cembung dan agak tinggi, bentuk tungkai (*pedicel*) dan tegak lurus, abdomen oval, kaki dan antena panjang. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Subkelas : *Pterygota*
 Ordo : *Hymenoptera*
 Famili : *Formicidae*

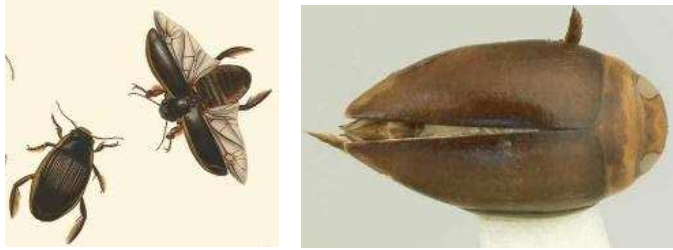


Gambar 17. Famili Ichneumonidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent624.jpg>, <http://bugguide.net/node/view/127623>; <http://bugguide.net/node/view/21496>)

Ciri-ciri: Tubuh ramping berbentuk seperti tabuhan, berukuran 3-40 mm, antena beruas antara 16 atau lebih, sedikitnya setengah panjang tubuh, ovipositor panjang (sampai 15 mm), bervariasi dalam bentuk dan warna, beberapa berwarna kuning kehitaman, sebagian lagi mempunyai antena yang pertengahannya berwarna keputihan atau kekuningan. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai parasitoid.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Hymenoptera*
 Famili : *Ichneumonidae*



Gambar 18. Famili Dytiscidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent099.jpg>, <http://bugguide.net/node/view/427436>)

Ciri-ciri: Sungut timbul agak di sebelah lateral pada sisi-sisi kepala antara mata dan dasar mandibula, warna tubuh kehijau-hijauan cemerlang, dengan panjang 25 mm lebih. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Coleoptera</i>
Famili	: <i>Dytiscidae</i>

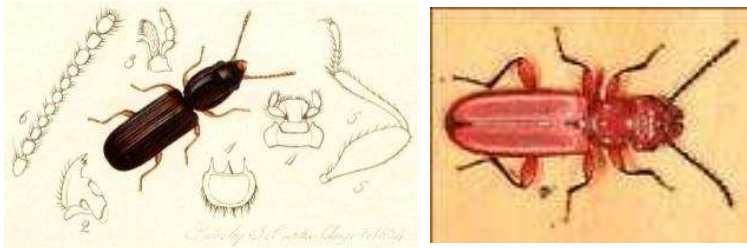


Gambar 19. Famili Carabidae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/621201>; <http://bugguide.net/node/view/114638>)

Ciri-ciri: Sungut timbul agak di sebelah lateral pada sisi-sisi kepala antara mata dan dasar mandibula, warna tubuh hitam dengan ukuran bervariasi. Habitat: di bawah batu-batu, kayu gelondongan, dan daun-daun. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Coleoptera</i>
Famili	: <i>Carabidae</i>



Gambar 20. Famili Cucujidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent510.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/26248>)

Ciri-ciri: Bentuk badan yang amat pipih, memanjang sempit dan kedua sisinya paralel, berwarna hitam, coklat, atau kemerahan, mempunyai sepasang antena, kadang-kadang ujung antena menebal.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Coleoptera*
 Famili : *Cucujidae*



Gambar 21. Famili Erotylidae (Sumber:Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent7061.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/292703>; <http://bugguide.net/node/view/289567>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna hitam mengkilat, bentuk memanjang, lebar dan cembung, mempunyai antena 3 ruas, prosternum bertemu dengan mesosternum. Habitat: kayu lapuk atau pada jamur. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai penghancur seresah.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Coleoptera*
 Famili : *Erotylidae*



Gambar 22. Famili Tenebrionidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent363.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/144413>)

Ciri-ciri: Tubuh biasanya berwarna gelap atau coklat hitam, berukuran sedang (10-15 mm), mempunyai sendi yang panjang. Habitat: biasanya ditemukan di daun-daun atau kadang-kadang di bawah kulit kayu. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Coleoptera</i>
amili	: <i>Tenebrionidae</i>



Gambar 23. Famili Dermestidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent247.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/390120>)

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk oval memanjang, berwarna hitam atau pudar dan berambut atau tubuhnya ditutupi oleh sisik-sisik, berukuran kecil, antena pendek dan bagian ujungnya bergerombol, koksa kaki belakang meluas menjadi bentuk lempengan menutupi sedikit bagian pangkal tulang paha. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Coleoptera*
 Famili : *Dermestidae*



Gambar 24. Famili Coccinellidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent144.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/743108>).

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk lebar atau oval mendekati bulat, berwarna merah dengan spot-spot hitam, sebagian atau seluruh kepala tersembunyi di bawah pronotum, mempunyai antena pendek. Habitat: di tempat kering atau basah. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Coleoptera</i>
Famili	: <i>Coccinellidae</i>



Gambar 25. Famili Scarabaeidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent027.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/267272>).

Ciri-ciri: Tubuh berwarna putih kekuningan, tidak mempunyai sayap, mempunyai furcula (ekor) seperti pegas yang dapat digunakan untuk melompat, bentuk kepala bulat, mempunyai antena, tipe mulut mengunyah. Panjang fauna ini 3 mm. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai pengurai.

Taksonomi:

Filum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Coleoptera</i>
Famili	: <i>Scarabaeidae</i>



Gambar 26. Famili Blattidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent556.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/507458>)

Ciri-ciri: Fauna ini mempunyai panjang tubuh 25 mm atau lebih, sayap depan menyempit, sayap belakang berselaput, tulang paha kaki belakang membesar, antena panjang dengan kepala berbentuk oval. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai penghancur seresah.

Taksonomi:

Filum	: <i>Arthropoda</i>
Kelas	: <i>Insecta</i>
Ordo	: <i>Blattaria</i>
Famili	: <i>Blattidae</i>

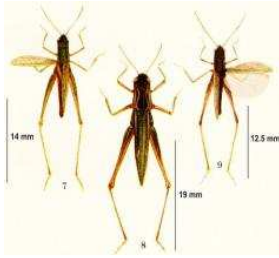


Gambar 27. Famili Gryllidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent293.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/51820/bgpage>)

Ciri-ciri: Fauna ini umumnya berwarna hitam dan mempunyai antena. Fauna ini aktif pada malam hari. Habitat: hidup di berbagai habitat baik lingkungan basah maupun kering terutama lingkungan yang dinaungi rumput-rumput. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Orthoptera*
 Famili : *Gryllidae*



Gambar 28. Famili Acrididae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/lcas023.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/27517>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna kecoklatan, berukuran sekitar 62-75 mm, mempunyai antena pendek, abdomen terdiri dari 11 segmen. Fauna ini aktif pada siang hari. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Orthoptera*
 Famili : *Acrididae*



Gambar 29. Famili Gryllotalpidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent456.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/79240>)

Ciri-ciri: Fauna ini berukuran sedang, berwarna coklat terang hingga gelap, memiliki kulit pelindung yang tebal dengan sepasang tungkai depan termodifikasi berbentuk cangkul untuk menggali tanah dan berenang. Fauna ini aktif pada malam hari (nokturnal). Habitat: di dalam tanah. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Orthoptera*
 Famili : *Gryllotalpidae*

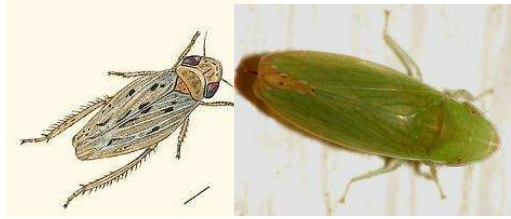


Gambar 30. Famili Forficulidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent560.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/670980>)

Ciri-ciri: Umumnya berwarna agak kehitaman, di antara ruas perut terdapat pita putih dan pada ujung antena terdapat bercak putih, mempunyai forsep yang lebih ramping dan umumnya saling bersentuhan. Fauna ini aktif pada malam hari. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Dermaptera*
 Famili : *Forficulidae*



Gambar 31. Cicadellidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003
<http://delta-intkey.com/britin/images/bent633.jpg>;
<http://bugguide.net/node/view/438298>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna kuning, ditandai dengan suatu pola warna yang bagus, panjang tubuh jarang melebihi 13 mm dan banyak yang beberapa mm saja, mempunyai sepasang sayap dengan sepasang sungut. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Homoptera*
 Famili : *Cicadellidae*



Gambar 32. Famili Curtonotidae (Sumber:
<http://bugguide.net/node/view/385313>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat muda kekuning-kuningan dengan tanda-tanda coklat tua, sayap agak bersisik atau berduri. Habitat: di tempat yang lembap. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Diptera*
 Famili : *Curtonotidae*



Gambar 33. Famili Rhinotermitidae (Sumber:
<http://bugguide.net/node/view/271582>;
<http://bugguide.net/node/view/352997>).

Ciri-ciri: Panjang tubuh 6-8 mm, sisik lebih panjang daripada pronotum, mempunyai mulut dengan tipe mengunyah. Habitat: penyebaran hewan ini sangat luas yaitu dalam tanah dan kayu-kayu yang lembap. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai detrivor.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Isoptera*
 Famili : *Rhinotermitidae*



Gambar 34. Famili Centipede (Sumber:
<http://bugguide.net/node/view/146790>;
<http://bugguide.net/node/view/248488>).

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk memanjang dan gepeng, berwarna biru kehitaman, setiap ruas mempunyai 17-23 pasang kaki, dua ruas terakhir mengarah ke belakang dan berbeda dengan yang lainnya, kepala mempunyai sepasang antena yang terdiri dari 14 ruas, kepala mempunyai mandibula dan dua pasang maksila. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai herbivor yang menyebabkan kerusakan pada akar tanaman.

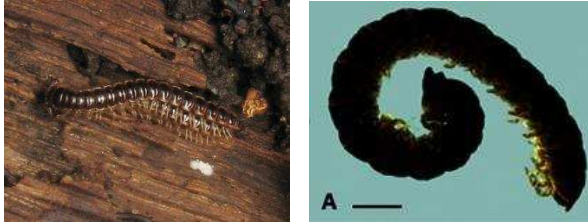
Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Chilopoda*

Ordo : *Setrigerella*

Famili : *Centipede*



Gambar 35. Famili Millipide (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/369332>; Car and Harvey, 2013).

Ciri-ciri: Badan agak bulat terdiri dari segmen-segmen, tiap segmen mempunyai dua pasang kaki, pasangan kaki pertama dimodifikasi menjadi taring, kaki pendek dan bergerak lambat, gerakan kaki nampak seperti gelombang. Sebagian besar mempunyai panjang tubuh kurang dari 1,5 inci tetapi ada beberapa spesies yang panjangnya mencapai 4 inci.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Myriapoda*

Ordo : *Diplopoda*

Famili : *Milipede*



Gambar 36. Family Diplocentridae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/207667>)

Ciri-ciri: memiliki delapan kaki, bagian ekor terdiri dari segmen-segmen, segmen terakhir mempunyai penyengat berbisa, mempunyai berbagai ukuran dari 9-20 cm. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
Kelas : *Arachnida*
Ordo : *Scorpiones*
Famili : *Diplocentridae*



Gambar 37. Famili Tridactylidae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/398928>; Burrows and Picker 2010).

Ciri-ciri: Tubuh berwarna coklat kehitaman, kepala bulat dan keras, abdomen besar, tarsi depan dan tengah dua ruas, tarsi belakang satu ruas, tungkai depan agak membesar dan cocok untuk menggali, panjang tubuh sekitar 2 cm. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai hama.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Orthoptera*
 Famili : *Tridactylidae*



Gambar 38. Famili Pyralidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent3121.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/426019>; <http://bugguide.net/node/view/256006>)

Ciri-ciri: Larva fauna ini mempunyai bulu, berwarna coklat kehitaman, kepala berbentuk bulat dan bagian belakang meruncing dan berbulu kaku, larva kemudian bermetamorfosis menjadi kupu-kupu berbulu halus pada sayap, sayap depan memanjang berbentuk segi tiga. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai hama.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*

Kelas : *Insecta*

Ordo : *Lepidoptera*

Famili : *Pyralidae*

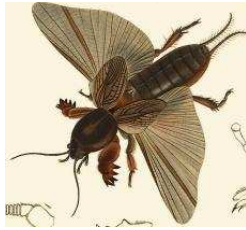


Gambar 39. Famili Chrysomelidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent370.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/437775>)

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk oval, berwarna hijau kecoklatan, berkepala bulat, mempunyai sayap yang keras, mempunyai antena bercabang, pada sayap abdomen besar, tarsi depan dan tengah dua ruas, tarsi belakang satu ruas, tungkai depan agak membesar dan cocok untuk menggali, panjang tubuh sekitar 2 cm. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai hama.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Coleoptera*
 Famili : *Chrysomelidae*

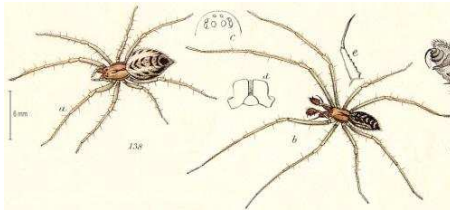


Gambar 40. Famili Gryllotalpidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/bent456.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/463045>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna kuning pucat, bentuk kepala moncong, bentuk mulut mengunyah, mempunyai empat sayap yang keras, sayap depan memanjang dan tebal, sayap belakang tipis dan berselaput, tungkai depan agak membesar dan cocok untuk menggali, tarsi terdiri dari tiga ruas. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai hama.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
Kelas : *Insecta*
Ordo : *Orthoptera*
Famili : *Gryllotalpidae*



Gambar 41. Famili Linyphiidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britsp/images/liny01.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/519737/bgpage>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna putih, berukuran 1 cm, abdomen besar dan mengeluarkan jaring-jaring yang berfungsi sebagai penjebak makanan, mempunyai mata yang tajam. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai predator.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Arachnida*
 Ordo : *Araneae*
 Famili : *Linyphiidae*

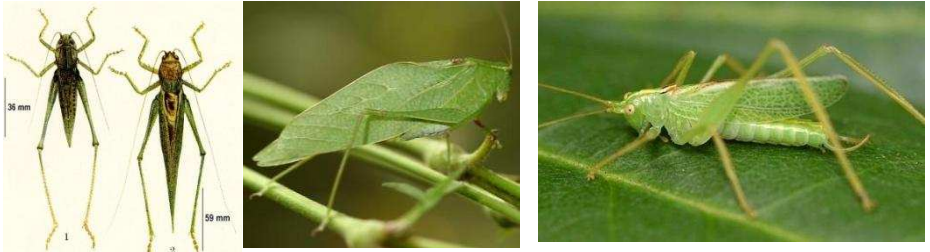


Gambar 42. Famili Ptiliidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003
<http://delta-intkey.com/britin/images/ryexvi2.jpg>;
<http://bugguide.net/node/view/874953/bgimage>)

Ciri-ciri: Tubuh dan kepala berbentuk bulat telur, sayap agak keras berwarna coklat kehitaman, abdomen meruncing, mata majemuk, tarsi dua ruas, mempunyai sepasang sungut yang pendek dan dapat ditarik ke dalam lekukan di bawah kepala. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai pengurai.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
Kelas : *Insecta*
Ordo : *Coleoptera*
Famili : *Ptiliidae*

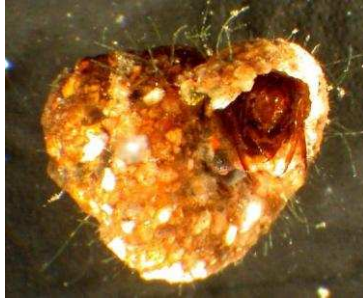


Gambar 43. Famili Tettigoniidae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/lcas0171.jpg>; <http://bugguide.Net/node/view/1044>; <http://bugguide.net/node/view/8159>)

Ciri-ciri: Tubuh berwarna hijau, kepala berbentuk lancip, sungut panjang, tarsi beruas empat, pronotum tidak pernah meluas ke belakang sampai abdomen. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai hama.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
 Kelas : *Insecta*
 Ordo : *Orthoptera*
 Famili : *Tettigoniidae*



Gambar 44. Famili Helicoptsychidae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/255072>)

Ciri-ciri: Tubuh berbentuk panjang, berwarna coklat kehitaman, kepala bulat, bentuk mulut menggigit, mempunyai antena yang panjang. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai parasitoid.

Taksonomi:

Filum : *Arthropoda*
Kelas : *Insecta*
Ordo : *Tricoptera*
Famili : *Helicoptsychidae*



Gambar 45. Famili Lumbricidae (Foto: E.K. Anwar)

Ciri-ciri: Tubuh beruas-ruas, berwarna merah kehitaman, dengan panjang kurang lebih 15 cm, tubuh agak berlendir yang berguna untuk memudahkan berjalan. Dalam ekosistem, fauna ini berperan sebagai detritivora.

Taksonomi:

Filum : *Annelida*
Kelas : *Oligochaeta*
Ordo : *Opisthopora*
Famili : *Lumbricidae*



Gambar 46. Famili Achatinidae (Foto: E.K. Anwar)

Ciri-ciri: Mempunyai cangkang yang kuat berbentuk kerucut, berwarna kecoklatan dengan gurat kecoklatan melingkar, bagian dalam berlendir sangat banyak dan bertubuh lunak.

Taksonomi:

Filum : *Mollusca*
 Kelas : *Gastropoda*
 Ordo : *Pulmonata*
 Famili : *Achatinidae*

Lampiran 2. Gambar penampilan morfologi fauna tanah
(Kelompok Mesofauna)



Gambar 1. Famili Hypogastruridae (Sumber: Watson and Dallwitz 2003 <http://delta-intkey.com/britin/images/imms276.jpg>; <http://bugguide.net/node/view/634264/bgimage>; <http://www.collembola.org/>)



Gambar 2. Famili Neanuridae (Sumber: www.collembola.org; <http://bugguide.net/node/view/763078/bgimage>)



Gambar 3. Famili Onchiuridae (Sumber: www.collembola.org; <http://bugguide.net/node/view/446091/bgpage>)



Gambar 4. Famili Isotomidae (Sumber: www.collembola.org; <http://bugguide.net/node/view/486111/bgimage>)



Gambar 5. Famili Entomobryidae (Sumber: www.collembola.org; <http://www.invasive.org/browse/Taxthumb.cfm?fam=1203>)



Gambar 6. Famili Orchesellidae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/275298/bgimage>; <http://bugguide.net/node/view/626796/bgimage>)



Gambar 7. Famili Parolinellidae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/439712>; <http://bugguide.net/node/view/109275>).



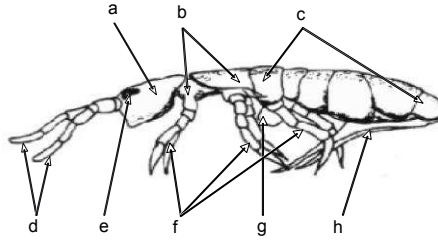
Gambar 8. Famili Tomoceridae (Sumber: www.collembola.org; <http://bugguide.net/node/view/88606/bgpage>)



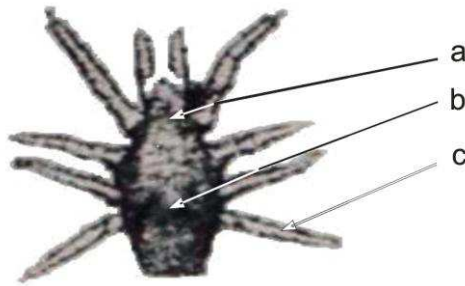
Gambar 9. Famili Cyphoderidae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/106240>)



Gambar 10. Famili Sminthuridae (Sumber: <http://bugguide.net/node/view/150018>; www.collembola.org)

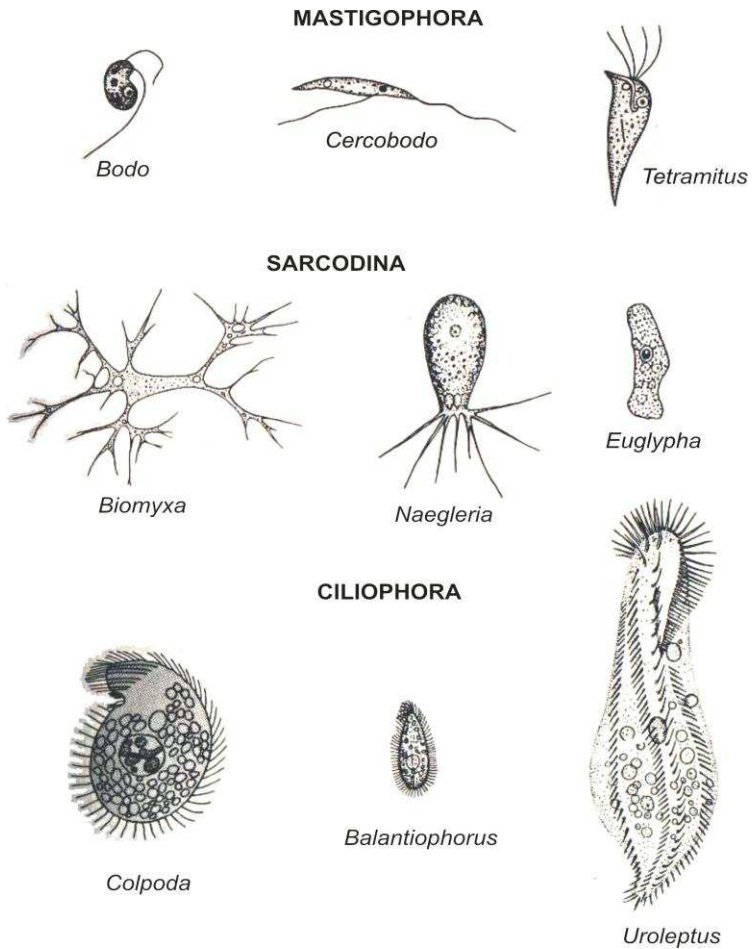


Gambar 11. Struktur tubuh Collembola: a). kepala (caput), b). dada (*thorax*) terdiri dari 3 ruas (segmen), c). badan (abdomen) terdiri dari ≥ 6 segmen, d). antena, terdiri atas 4-6 ruas sebagai alat peraba, e). mata majemuk telah mereduksi, tidak lebih dari 8 omatidia, f). kaki beruas (3 pasang), g). kolofor (tabung ventral) terdapat di badan pada ruas I sebagai alat pelekut, h). furkula, alat pegas untuk melompat (Suin 2003)



Gambar 12. Struktur tubuh Acarina: a). *cephalothorax* (kepala dan dada bersatu), b). badan (abdomen). c). kaki 1-4 pasang (Adianto 1983)

Lampiran 3. Gambar penampilan morfologi fauna tanah
(Kelompok Mikrofauna)



Gambar 13. Protozoa (Sumber: Alexander 1977)

Kontak Penulis
Balai Penelitian Tanah
Jl. Tentara Pelajar 12
Kampus Penelitian Pertanian
Cimanggu - Bogor
Telp. 0251.833657; Fax. 0251.8321608, 8322933
Website: <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>
email: balittanah@litbang.deptan.go.id; soil-ri@indo.net.id



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarmingu, Jakarta 12540
Telp.: 021 7806202, Faks.: 021 7800644

ISBN 978-602-1520-55-0



9 786021 520550