

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Diversitas

Diversitas merupakan konsep multidimensi yang menggambarkan lebih dari satu macam grub, berkaitan dengan perbedaan dari segi jumlah (*abundance*) dan jenis (kategori), ukuran : satu jenis ukurannya lebih kecil dari pada jenis yang lain dalam kategori yang sama serta perbedaan jumlah yang menggambarkan strukturnya dan susunannya. Keanekaragaman antar makhluk hidup berasal dari berbagai sumber diantaranya adalah daratan (*terrestrial*), perairan serta ekosistem lainnya, ini termasuk pula keanekaragaman antar spesies dan dalam ekosistem (Gliessman, 2000; 227-245).

Dimensi diversitas meliputi dimensi spesies, genetik, vertikal horizontal, struktural, fungsional dan remporal. Dimensi spesies adalah jumlah spesies yang berbeda dalam suatu sistem; dimensi genetik adalah tingkat diversitas genetik dalam suatu sistem; dimensi vertikal adalah jumlah level horizontal yang berbeda dalam suatu sistem; dimensi horizontal jumlah distribusi spasial organisme-organisme dalam suatu sistem; dimensi struktural adalah jumlah lokasi (*niches, Tropic roles*) dalam suary sistem; dimensi fungsional adalah interaksi dari adanya kompleksitas, aliran energi, siklus materi diantara komponen penyusun; dimensi temporal adalah tingkat heterogenitas perubahan siklus perwaktu (harian, musiman, dll) dalam suatu sistem (Gliessman, 2000; 227-245).

Skala diversitas meliputi  $\alpha$  diversitas,  $\beta$  diversitas, dan  $\delta$  diversitas.  $\alpha$  diversitas merupakan variasi spesies dalam sebagian kecil dari komunitas.  $\beta$  diversitas merupakan diversitas spesies pada berbagai habitat atau komunitas.  $\delta$  diversitas merupakan diversitas spesies pada skala lebih besar, misalnya daerah pegunungan atau daerah lembah (Gliessman, 2000; 227-245).

Manfaat Biodiversitas dalam agosistem meliputi keragaman mikrohabitat, keberlanjutan produktivitas tanaman misalnya Rizhobium dan mikoriza, mengurangi gulma, mempertahankan predator atau herbivor, meningkatkan efisiensi serapan hara, mengurangi resiko gagal panen, mengurangi resiko kepunahan flora dan fauna, mempertahankan biodiversitas dalam tanah dan layanan lingkungannya (Gliessman, 2000; 227-245).

Menurut Nyoman Wijana dalam jurnal "Analisis Komposisi Dan Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Di Hutan Desa Bali Aga Tigawasa Buleleng-Bali) menuliskan dalam jurnalnya bahwa, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi biodiversitas antara lain yaitu bahan organik tanah, kelengsaan tanah, PH tanah, suhu dan intensitas cahaya (Nyoman Wijana, 2014: 297). Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai keanekaragaman ( $H'$ ) antara lain faktor lingkungan, jumlah jenis serta sebaran individu pada masing-masing jenis (Alikondra, 2002).

Davis (1995), Yamaji (1997) dan To mas (1997), indeks Shannon-Wiener digunakan untuk menghitung indeks keragaman (*diversity index*)

jenis, indeks keseragaman dan indeks dominansi dihitung menurut Odum (1998) dengan rumus sebagai berikut.

1. Indeks keragaman Shannon-Wiener

$$H' = -\sum(ni/N) \ln (ni/N)$$

2. Indeks keseragaman

$$E = H'/H_{\max}$$

3. Indeks dominansi

$$D = \sum[ni/N]^2$$

Dengan :

$H'$  = Indeks keragaman Shannon-Wiener

$E$  = Indeks keseragaman

$D$  = indeks dominansi Simpson

$ni$  = Jumlah individu genus ke 1

$N$  = jumlah total individu seluruh genera

$H_{\max}$  = Indeks keanekaragaman maksimum

( =  $\ln S$ , dimana  $S$  = jumlah jenis) (Yuliana dkk, 2012: 172).

## 2.2. Biologi Collembola

### 2.3.1 Deskripsi Umum Collembola

Dalam bahasa Indonesia Collembola disebut juga sebagai ekorpegas. Disebut ekorpegas karena di ujung abdomen terdapat organ yang mirip ekor yang berfungsi sebagai organ gerak dengan cara kerja mirip seperti pegas. Ekorpegas pada umumnya berukuran mini, ada yang mudah dilihat atau dapat dilihat langsung oleh mata tetapi ada pula yang berukuran mikroskopis. Karena ukurannya yang

kecil tersebut, kelompok hewan ini jarang dikenal padahal perannya di dalam ekosistem cukup besar. Belum banyak yang tahu bahwa kelompok hewan ini mempunyai keanekaragaman spesies yang cukup tinggi. Di dunia dikenal tidak kurang dari 6.000 spesies dari sekitar 500 genus telah dideskripsi (Greenslade 1991), tetapi data terakhir diungkapkan sekitar 7.000 spesies (Yayuk, 2012: 1).

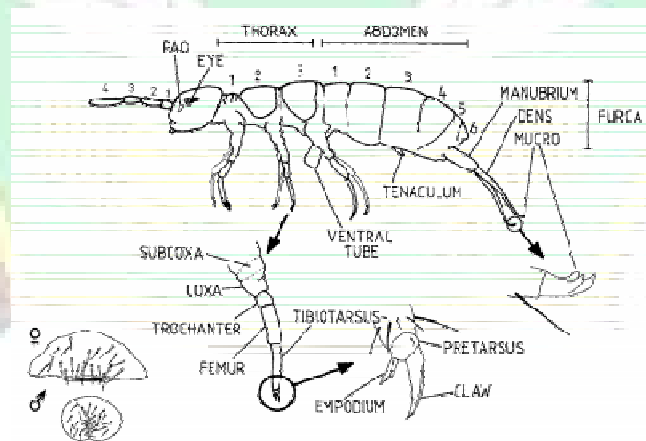
### **2.3.2 Morfologi Collembola**

Collembola mempunyai tungkai yang memiliki ruas-ruas. Di dalam klasifikasi lama, Collembola dimasukkan ke dalam Kelas Insecta karena memiliki bagian tubuh yang tersusun atas ruas-ruas yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian utama yaitu kepala, toraks, dan abdomen. Collembola (Ekorpegas) pada umumnya memiliki ukuran tubuh yang kecil, panjang tubuh Collembola berkisar antara 0,1-9 mm. Sesuai ukuran tubuh Collembola tersebut, maka Collembola yang berukuran mikroskopis dan ada pula yang kasat mata atau bisa dilihat dengan mata telanjang. Collembola yang hidup di dalam tanah pada umumnya memiliki ukuran tubuh lebih kecil dan ramping dengan ukuran paling panjang 5 mm.

Collembola memiliki bentuk tubuh yang bervariasi, ada yang berbentuk oval, bundar serta gilik (pipih dorso-ventral). Selain bentuk tubuh yang bervariasi, warna tubuh Collembola (Ekorpegas) juga bervariasi, yaitu dari kuning, putih, abu-abu, merah merona, jingga, hitam, biru gelap, serta ada yang tidak berwarna. Kelompok Collembola lainnya ada yang polos dan ada pula yang memiliki corak

seperti bintik atau noda, garis, atau mozaik tidak beraturan bentuk coraknya, letak corak dan warna tubuh Collembola bervariasi, tergantung kelompok dari taksonnya. Di samping itu, warna akan luntur di dalam alkohol, sehingga membuat Collembola tidak berwarna jika disimpan dalam cairan tersebut.

Permukaan Tubuh Permukaan tubuh Collembola bervariasi, ada yang licin granulat atau tidak rata, ada yang mulus, tetapi ada juga yang dilengkapi dengan seta biasa, seta makro, sensillum, rambut, duri (*spina*), sisik atau modifikasinya atau struktur lain. Di samping itu ada yang dilengkapi *pseudoselus* (mata palsu) pada ruas tubuh seperti anggota Onychiuridae. Pada umumnya seta terletak dalam ceruk dengan bentuk sederhana seperti jarum runcing, tetapi banyak bervariasi. Oleh karena itu, ada seta yang berujung bonggol, tumpul, melebar, atau bersilia pada salah satu sisi atau semua sisinya.



**Gambar 2.1** Morfologi Collembola jenis *Isotoma viridis* dengan panjang 4 mm (Stephen, 1997)

Di samping itu, ada pula seta yang memiliki keistimewaan dalam ukuran panjang, misalnya botriotrika, yaitu seta yang

mengalami modifikasi menjadi kecil yang panjangnya 3-4 kali panjang seta lainnya, halus atau bersilia, misal pada *Symphyleona*; seta makro, seta yang mengalami modifikasi menjadi panjang dan besar, seta mikro, seta yang mengalami modifikasi menjadi pendek dan kecil, atau mengalami modifikasi menjadi seta-S yang panjang seperti seta normal atau lebih panjang sedikit tetapi sangat kecil atau langsing atau seta yang bersilia baik satu sisi atau multisisi, misal pada *Isotomidae*, *Onychiuridae* Pada *Entomobryidae*.

Kepala *Collembola* seperti kapsul, berbentuk hampir segi lima jika dilihat dari dorsal. Pada bagian kepala ini terdapat bagian-bagian mulut, sepasang mata, sepasang organ pasca-antena (opeal sepasang antena, dan organ sensori lainnya. Bentuk organ-organ yang terdapat di kepala bervariasi, tidak sama untuk takson yang berbeda. Bahkan, tidak semuanya mempunyai organ-organ yang lengkap pada bagian kepala. Ada kelompok yang tidak bermata misal *Cyphoderus*, tetapi ada juga yang tidak dilengkapi opa seperti *Neelidae* atau sebaliknya memiliki opa yang jelas seperti pada *Superodontella* dan *Hypogastrura* atau tanpa mata sama sekali seperti *Neelus*.

Tidak semua *Collembola* memiliki bagian mulut yang lengkap, ada beberapa takson yang mengalami modifikasi dan mereduksi pada bagian-bagian tertentu. Oleh karena itu, bagian mulut ini perlu diketahui karena dapat dijadikan penciri takson pemilikinya. Pada kelompok takson tertentu, kepala dilengkapi seta dan atau sisik. Susunan seta dan modifikasinya pada kepala dapat dijadikan penciri

untuk mengenal taksonnya misalnya untuk anggota Famili Neanuridae Entomobryidae Paronellidae dan Hypogastruridae. Bagian-bagian mulut Collembola terlindung di dalam rongga mulut oleh karena itu digolongkan ke dalam kelompok entognatus Pada umumnya mulut terletak di bagian anterior tubuh.

### 2.3.3 Klasifikasi Collembola

Awalnya Collembola digolongkan di dalam takson Hexapoda sebagai salah satu ordo dari kelas insekta. Collembola masuk ke dalam Subkelas Apterygota sebagai ordo. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kegiatan penelitian. Maka terjadi revisi kedudukan beberapa takson. Ada takson yang berkembang sehingga naik jenjang, seperti Collembola yang semula berstatus ordo berkembang menjadi kelas. Collembola dimasukkan ke dalam kelas sendiri karena memiliki perbedaan dengan insekta yaitu tidak memiliki eksoskeleton yang keras, tidak memiliki sayap dan memiliki mata yang sederhana pada setiap sisi kepala. (Rose Lolita, 2017).

Klasifikasi ini akan terus berkembang seiring semakin banyak ditemukan jenis-jenis Collembola baru. Klasifikasi dikemukakan menurut pengukuran persamaan atau keterkaitannya. Kelompok-kelompok ini disebut taksa (tunggal, takson). Taksa ini disusun menurut pola hirarki. Kategori-kategori yang paling umum dipakai atau tingkatan-tingkatan di dalam sistem klasifikasi zoologi (Borror dkk, 1996: 199).

Klasifikasi Collembola terdiri dari 4 Ordo yaitu Ordo Poduromorpha, Entomobryomorpha, Ordo Synphypleona dan Ordo Neelipleona dan terdiri dari 19 family. Ordo Poduromorpha terdiri atas enam famili yaitu famili Brachystomellidae, famili Hypogastruridae, famili Neanuridae, famili Odontellidae, famili Onychiuridae dan famili Poduridae. Ordo Entomobryomorpha terdiri atas 7 Family yaitu famili Isotomidae, famili Coenaletidae, famili Entomobryidae, famili Paronellidae, famili Cyphoderidae, famili Oncopoduridae dan famili Tomoceridae. Ordo Synphypleona terdiri atas 6 Famili yaitu famili Sminthurididae, famili Arthopalitidae, famili Katiannidae, famili Mackenziellidae, famili Bourletiellidae dan famili Dicyrtomidae. Ordo Neelipleona terdiri dari 1 famili yaitu famili Neelidae (Stephen, 1997). Berikut adalah penjelasan singkat dari setiap famili :

a. Family Brachystomellidae

Family ini dulunya dianggap sebagai subfamily Neanuridae, ciri yang paling khas dari family ini adalah tidak memiliki mandibula sama sekali. Family ini memiliki distribusi di seluruh dunia dan mencakup spesies *Brachystomella parvula* yang umum dan tersebar luas (Stephen, 1997: 29).





**Gambar 2.2** *Brachystomella parvula* dengan panjang 1 mm  
(Stephen, 1997: 29).

b. Family Hypogastruridae

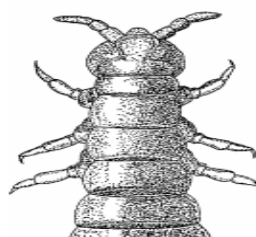
Hypogastruridae terdiri dari dua subfamily yang sangat kecil, Gulgastrurinae (satu spesies dari gua-gua Korea) dan Isotogastrurinae (dua spesies dari habitat pesisir di Hindia Barat dan Kepulauan Canary). Anggota Hypogastruridae ditemukan di banyak habitat termasuk tanah, di bawah kulit kayu dan pantai. Anggota family ini adalah yang paling sering ditemukan dalam kawanan besar (Stephen, 1997: 30).



**Gambar 2.3** *Hypogastrura* sp. dengan panjang 2 mm  
(Stephen, 1997: 29).

c. Family Neanuridae

Merupakan salah satu dari family Collembola yang paling banyak dipelajari dan paling intensif dan ditandai dengan tidak adanya lempeng mandibula. Kebanyakan Neanuridae ditemukan di bawah kulit kayu dan batu dan di dalam tanah atau serasa daun dimana mereka memakan hifa jamur dan makanan lain yang mereka tusuk dengan mulut mereka (Stephen, 1997: 30).



**Gambar 2.4** *Anurida maritima* dengan panjang 3 mm

(Stephen, 1997: 29).

d. Family Odontellidae

Ditetapkan sebagai satu family oleh Deharveng (1981) dan sekarang diterima secara luas. Deharveng menyimpulkan bahwa Odontellidae telah berevolusi secara independen dari garis keturunan Hypogastruridae/Neanuridae/Brachystomellidae.

Sebagian besar Odontellidae memiliki antena dengan bentuk kerucut yang jelas (Stephen, 1997: 33-34).



**Gambar 2.5** Anggota famili Odontellidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

e. Family Onychiuridae

Anggota family ini banyak ditemukan di serasah daun. Mereka memiliki pori-pori perahanan yang disebut “pseudocelli” yang merupakan area kecil dari kutikula tipis. Sebagian besar spesies ini berukuran kecil dan putih (Stephen, 1997: 34).



**Gambar 2.6** Anggota famili Onychiuridae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

f. Family Poduridae

Spesies tunggal dalam family ini adalah *Podura aquatica* merupakan salah satu jenis Collembola yang paling umum di belahan bumi utara. Selama musim panas dapat di temukan dalam jumlah besar atau banyak di sudut-sudut sungai yang terlindung, selokan air tawar dan kolam (Stephen, 1997: 34)



**Gambar 2.7** *Podura aquatica* dengan panjang 2 mm

(Stephen, 1997: 29).

g. Family Isotomidea

Family Isotomidea memiliki ciri segmen perut yang sama panjang, sebagian besar spesies hidup di tanah, di celah-celah tepi pantai. *Isotomurus palustris* adalah salah satu Collembola yang paling tersebar luas dan paling sering tercatat. Anggota family ini ditemukan di seluruh dunia , beberapa di habitat ekstrim seperti gurun (Stephen, 1997: 36).



**Gambar 2.8** Anggota famili Isotomidea

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

#### h. Family Coenaletidae

Family yang di bentuk oleh Bellinger (1985) ini terdiri dari dua spesies yaitu *Coenaletes vangoethemi* dari Papua Nugini dan *Coenaletes caribaeus* dari Guadeloupe di Karibia (Stephen, 1997: 35).



**Gambar 2.9** Anggota famili Coenaletidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

i. Family Entomobryidae

Family ini merupakan family besar yang terbagi menjadi dua subfamily yang terdiri dari 21% spesies Collembola. Family ini dapat di temukan di *seluruh* dunia dalam berbagai habitat dan sebagian besar spesies ini hidup di antara serasah daun, di permukaan tanah, di atas dan di bawah kulit pohon, dan di kanopi hutan (Stephen, 1997: 36).



**Gambar 2.10** Anggota famili Entomobryidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

j. Family Paronellidae

Paronellidae adalah satu-satunya family Collembola yang anggotanya tidak terdapat di sebagian besar lintang utara beriklim

sedang. Namun, Paronellidae dapat ditemukan di Glester di Australia dan Selandia Baru. Paronellidae memiliki antena yang sangat panjang, furca dan segmen perut. Beberapa Paronellidae berwarna cerah seperti *Campylothorax melanocephalus* kuning dan ungu yang hidup di hutan hujan Riparian di Zaire. Sebagian besar spesies hidup di pohon, semak, epifit, rerumputan atau di lapisan serasah daun yang dalam (Stephen, 1997: 37).



**Gambar 2.11** Anggota famili Paronellidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

k. Family Cyphoderidae

Family ini sebelumnya dianggap sebagai subfamily Entomobryidae, tetapi sekarang diberi status family oleh sebagian besar penulis (Greenslade, 1994) dan (Yoshii, 1980-1992). Semua spesies hidup di sarang lebah, semut dan rayap (Stephen, 1997: 35).

l. Family Oncopoduridae

Family kecil ini terdiri dari dua genera, yaitu Harlomilsia dengan satu spesies (*Harlomilsia oculata*) yang diketahui dari Amerika Serikat, Meksiko, Jepang, Filipina, Thailand dan Indonesia, dan Oncoodura (39 spesies) dengan penyebaran yang lebih luas (Stephen, 1997: 37).

m. Family Tomoceridae

Family ini memiliki segmen dan antena yang panjang, dengan antena yang panjang tersebut, memungkinkan beberapa spesies untuk menggulung antena menjadi sebuah gulungan. Beberapa spesies ditemukan di gua (Stephen, 1997: 38).



**Gambar 2.12** *Pogonognathellus longicornis* dengan panjang 6 mm.

(Stephen, 1997: 38).

n. Famili Arrhopalitidae

Famili Arrhopalitidae memiliki ukuran tubuh yang kecil. Panjangnya kurang dari 1,5 mm. memiliki antena yang beruas-ruas antena IV dengan Anulat, lebih panjang dari antena III, dorsal antena III dengan tonjolan, antena membengkok antara ruas III dan IV. Habitat jenis Collembola ini berupa humus tanah lembab, tanah dan gua.





**Gambar 2.13** Anggota famili Arrhopalitidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

o. Famili Katiannidae

Famili Katiannidae memiliki ukuran tubuh kurang dari 1,5 mm. ruas antena IV tanpa anulat, lebih panjang dari antena III. Habitat jenis kelompok ini yaitu serasah, tanah lembab.



**Gambar 2.14** Anggota famili Katiannidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

p. Family Mackenziellidae



Spesimen pertama dari spesies tunggal dalam family ini ditemukan oleh Marie Hummer di Kanada Utara pada tahun 1948.

Family Mackenziellidae memiliki panjang sekitar 0,25 mm. pada spesies jantan memiliki organ pengikat pada antena (Stephen, 1997: 39).



**Gambar 2.15** *Mackenziella psocoides* (Stephen, 1997: 40).

q. Family Bourletiellidae

Ruas antena IV anulat. Lebih panjang dari antena III, ruas-ruas toraks tidak jelas. Pada setiap tungkai terdapat 2 atau 3 rambut tanen yang keras.

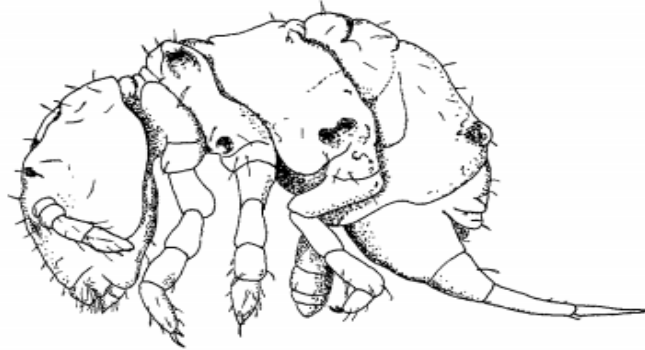


**Gambar 2.16** Anggota famili Bourletiellidae

([www.collembola.org](http://www.collembola.org))

r. Family Neelidae

Spesies dan Neelidae hidup di tanah atau di dalam gua, dan memiliki antena yang sangat pendek (Stephen, 1997: 38).



**Gambar 2.17** *Megalothorax minimus* dengan panjang 0,4 mm. (Stephen, 1997: 39).

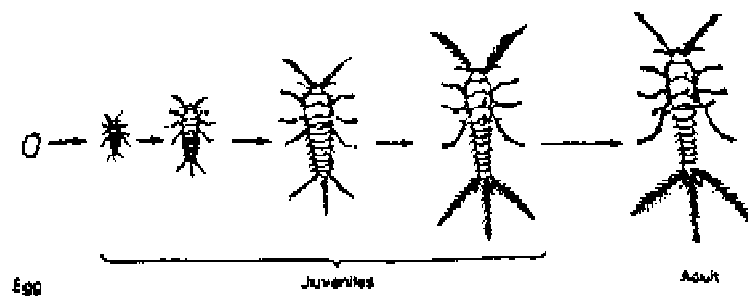
#### **2.3.4 Habitat Collembola**

Collembola hidup pada berbagai macam habitat dari tepi pantai, tepi laut sampai pada pegunungan tinggi yang bersalju. Setiap macam habitat tersebut memiliki komposisi keanekaragaman Collembola yang berbeda. Namun, sebagian besar Collembola hidup pada habitat yang berikatan dengan tanah, seperti permukaan tanah, di dalam tanah, kotoran hewan, serasah yang membusuk, liang-liang dan sarang hewan. Berdasarkan habitat tersebut, Collembola dianggap sebagai salah satu jenis hewan yang memiliki peran cukup penting untuk mendukung ketersediaan bahan organik menjaga kualitas tanah, serta sebagai penunjang kesuburan tanah (Ade Irma dkk, 2017: 199).

#### **2.3.5 Siklus Hidup Collembola**

Collembola dalam masa hidupnya melakukan metamorfosis tidak sempurna atau Ametabola. Ametabola adalah bentuk nimfa mirip dewasa (Glime, 2015). Collembola berkembang biak dengan bertelur yang diletakan secara tunggal dalam semak-semak. Collembola betina bertelur sekitar 90-150 butir selama hidupnya. Hewan ini mengalami pematangan seksual setelah 3-12 kali pergantian kulit. Tidak seperti kebanyakan serangga lainnya, collembola terus mengalami pergantian kulit 15-20 kali selama hidupnya walaupun tidak diikuti dengan penambahan dalam ukuran tubuhnya (Amir, 2008 dalam Rose, 2017).

Pada beberapa spesies terutama yang berada di daerah tropis Collembola dapat melakukan reproduksi 4 kali, sedangkan di luar daerah tersebut hanya dapat mengalami 1 kali. Collembola mengalami penrgantian morfologi bentuk secara perlahan selama periode tertentu. Ukuran badan relatif meningkat hingga kepala, seta dorsal mengalami pergantian kulit, segmen antena memanjang, lekuk genital berkembang menjadi operculi dan pola-pola seta, Furcula membesar (pada Tomocerus bentuk mikro menjadi lebih kompleks) (Amir, 2008 dalam Rose, 2017).



**Gambar 2.18** Siklus Hidup Collembola (Hadi dkk, 2009)

### **2.3.5 Peranan Collembola**

Pentingnya peranan fauna tanah dalam Rhizosfer berkorelasi lurus dengan ketersediaan nutrisi bagi tanah yang artinya juga berkorelasi terhadap tingkat kesuburan tanah. Collembola adalah salah satu fauna tanah yang berfungsi sebagai fungi patogen di ekosistem dan sebagai pengendali kehidupan yang menentukan populasi bakteri (Widyati E, 2013: 31). Sebagai komponen ekosistem, Collembola (Ekorpegas) mempunyai peranan yang tidak kecil dan beraneka ragam bergantung pada jenis dan kelompoknya. Collembola memiliki kemampuan peka terhadap perubahan ekosistem serta mampu menempati berbagai macam relung ekologi. Setiap maca habitat yang dihuni oleh jenis dan kelompok jenis yang berbeda (Kurnia dkk, 2017: 456).

Umumnya Collembola dikenal sebagai mesofauna yang hidup di dalam tanah dan mempunyaii peranan sangat penting yaitu sebagai perombak bahan organik di tanah. Selain mendekomposisi bahan organik, organisme tanah tersebut berperan dalam mendistribusi bahan organis di dalam tanah, meningkatkan kesuburan dan memperbaiki sifat fisik tanah (Rina, 2017: 18).

Collembola dalam ekosistem pertanian merupakan pakan alternatif bagi berbagai jenis predator. Collembola dapat memberi kontribusi dalam menjaga keberlangsungan hidup predator yang menjadi musuh alami berbagai jenis hama. Peran ini sangat penting

terutama pada saat kepadatan populasi serangga hama rendah (Indriyanti dkk, 2008: 110).

Collembola (Ekorpegas) memiliki peranan yang sangat penting di dalam tanah yaitu sebagai detritivor. Dimana Collembola memecahkan tanaman yang sudah mati, memecahkan feses dari kebanyakan Arthropoda. Di dalam saluran pencernaan Collembola terdapat bakteri *Bacillus* sp. yang berfungsi memecah kitin yang terdapat pada tanaman. Maka dari itu, Collembola memiliki peran penting dalam memecah komponen kitin yang terdapat pada tanaman mati yang berada di permukaan tanah (Burgess, 1967: 408).

### **2.3.5 Faktor-Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kehidupan Collembola**

Kehadiran Collembola di dalam tanah pada ada atau tidaknya energi dan sumber makanan untuk melangsungkan hidupnya. Faktor-faktor lingkungan juga dapat memengaruhi ada atau tidaknya Collembola seperti cuaca, tanah dan vegetasi yang hidup di atasnya (Ariska dkk, 2018: 59).

#### **a. Serasah**

Mesofauna tanah hidup dengan cara memakan bahan organik berupa daun-daun dan ranting-ranting yang jatuh ke tanah. Mesofauna tanah merupakan organisme tanah yang memakan bahan-bahan organik seperti tumpukan serasah daun dan ranting sehingga apabila tidak ada serasah maka tidak ada

makanan bagi Mesofauna tanah untuk bertahan hidup. (Fariz dkk, 2019: 48-49).

b. pH

Menurut Erwinda dkk, perubahan pH relatif mempengaruhi jenis Collembola tertentu yang memengaruhi kepadatan dan keanekaragaman Collembola tersebut. Pada pH tanah yang agak asam Collembola cenderung memiliki populasi yang tinggi (Erwinda dkk, 2016: 105).

c. Suhu

Suhu optimal yang dibutuhkan Collembola termasuk rendah yaitu berkisar 5-15 derajat celcius. Namun, ada pula yang aktif pada suhu -2 derajat celcius atau 28 derajat celcius. Ketahanan Collembola terhadap suhu bberbeda-beda, tergantung jenis dan umur Collembola (Rose Lolita, 2017: 15).

d. Kelembapan

Kelembapan tanah maupun udara juga sangat mempengaruhi kehidupan Collembola. Semakin banyak kandungan air di dalam tanah (kelembapan tinggi) maka semakin banyak pula Collembola yang didapatkan (Ariska dkk, 2018: 48).

e. Perilaku Manusia

Perilaku manusia juga mempengaruhi kehidupan Collembola. Perubahan keanekaragaman flora yang dilakukan

oleh aktivitas manusia dapat berakibat pada berkurangnya biodiversitas mesofauna tanah (Widenfalk, 2015).

f. Predator

Collembola memiliki predator berupa serangga tanah yang berukuran lebih besar dari ukuran Collembola, seperti semut. *Mymica rubra* L. merupakan spesies semut yang memangsa collembola serta mampu mencari habitat dari Collembola yang berada di sekitarnya (Ariska dkk, 2018: 49).

### 2.3. Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat didefinisikan sebagai suatu lahan yang tertutup oleh vegetasi dan biasanya merujuk pada area yang telah dikelola seperti Taman, Lapangan Golf, Lapangan Olahraga dan lahan terbuka lainnya. Pengadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) bertujuan untuk melestarikan lingkungan alam (Ghillean, 2013: 789). Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peranan yang sangat penting bagi ruang perkotaan, karena Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat menyediakan Oksigen (O<sub>2</sub>) dan menjaga iklim mikro. Komunitas tumbuhan di Ruang Terbuka Hijau (RTH) hanya dapat memanfaatkan bahan organik yang telah diuraikan oleh komunitas fauna tanah (Lavelle, 2001).

RTH dapat berbentuk hutan kota, taman kota, taman pemakaman umum, lapangan olahraga, jalur hijau, jalan raya, bantaran rel kereta api, dan bantaran sungai. Namun keberadaannya sebagai sebuah ruang dengan fungsi ekologis menjadikan RTH sebagai salah satu fungsi lahan yang seringkali dikorbankan dalam membangun dan mengembangkan sebuah kota (Putri

2010). Ruang terbuka hijau memiliki peran yang cukup penting dalam memberikan keleluasaan gerak penggunanya, karena aktivitas dan perkembangan kota yang semakin lama semakin berkembang sesuai dengan tuntutan dan kebutuhan manusia yang hidup di dalamnya (Wuri dkk, 2017: 121).

Ruang terbuka hijau selama ini memiliki peranan sebagai bagian dari paru-paru kota dan berperan sebagai penyelaras lingkungan ekologi yang berfungsi menyerap emisi gas-gas berbahaya dapat terus terjaga karena memegang peranan penting dalam masyarakat (Piccarolo, 2018). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menemukan peranan ruang terbuka hijau sebagai salah satu elemen perencanaan kota yang berfungsi sebagai potensi pembentuk konsep smart city (Hanny, 2019: 30).

Ruang terbuka hijau merupakan lahan terbuka yang sengaja dibuat untuk memperbaiki stabilitas lingkungan juga mengurangi polusi serta mempertahankan populasi fauna tanah yang hidup di dalamnya. Menurut Kepala Seleksi Pemeliharaan Lingkungan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dinas Lingkungan Hidup Kota Kendari “Basruddin” menyatakan bahwa ada sekitar 47 taman Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Kendari. Namun yang menjadi lokasi untuk penelitian ini adalah di Kantor Gubernur dan Permandian Nanga-Nanga Kota Kendari. Tempat tersebut dianggap sebagai tempat yang sesuai dengan fokus penelitian yaitu Collembola.

## **2.4. Bahan Ajar**

### **2.1.1. Pengertian Bahan Ajar**



Bahan ajar merupakan seperangkat materi pelajaran yang mengacu pada kurikulum yang digunakan dalam rangka mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar yang telah ditentukan (Ika Lestari, 2013: 67).

Menurut Depdiknas (2006b: 1) bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas, baik berupa bahan tertulis seperti hand out, buku, modul, lembar kerja mahasiswa, brosur, leaflet, wallchart, maupun bahan tidak tertulis seperti video/film, VCD, radio, kaset, CD interaktif komputer dan internet. Bahan ajar dalam bentuk tertulis berupa materi yang harus diajarkan oleh pendidik dan harus dipelajari oleh siswa untuk mencapai standar kompetensi dan kompetensi dasar (Meilan Arsanti, 2018: 74).

Sudjana (2009) mengemukakan bahwa bahan ajar adalah sebuah alat yang memungkinkan dapat membantu siswa untuk mempelajari suatu kompetensi atau kompetensi dasar sehingga mampu menguasai semua kompetensi secara menyeluruh. Bahan ajar adalah isi yang diberikan kepada siswa pada saat berlangsung proses belajar mengajar. Melalui bahan ajar ini siswa diantarkan kepada tujuan pengajaran (Rizal dkk, 2015: 108).

Menurut Abdul Majid (2013, h. 173) bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang digunakan guru/instruktur untuk membantu dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Dengan

bahan ajar memungkinkan siswa kompetensi dasar secara runtut dan sistematis sehingga utuh dan terpadu.

Menurut Depdiknas (2006) Bahan ajar pada hakekatnya adalah isi dari mata pelajaran atau bidang studi yang diberikan kepada siswa sesuai dengan kurikulum yang digunakannya. Sebuah bahan ajar paling tidak mencakup antara lain: a) petunjuk belajar (petunjuk siswa atau guru); b) kompetensi yang akan dicapai; c) informasi pendukung; d) latihan-latihan; e) petunjuk kerja, dapat berupa lembar kerja (LK); f) evaluasi. Ada 4 aspek yang perlu diperhatikan dalam menulis buku menurut Pusat Kurikulum dan Pembukuan. Aspek-aspek tersebut adalah sebagai berikut: 1) aspek isi atau materi; 2) aspek penyajian materi; 3) aspek bahasa dan keterbacaan dan 4) aspek grafika (Rizal dkk, 2015: 108).

### **2.1.2. Jenis-Jenis Bahan Ajar**

Menurut Majid (2006: 174), jenis bahan ajar dikelompokkan menjadi empat yaitu: “(1) bahan cetak antara lain handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, leaflet, wallchart, foto/gambar, model/maket; (2) bahan ajar dengan (audio) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan CD audio; (3) bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti video CD, film; dan (4) bahan ajar interaktif seperti CD interaktif”. Empat jenis bahan ajar tersebut akan bermanfaat dalam proses pembelajaran jika digunakan secara tepat sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai (Melian, 2018: 74).

Bahan ajar cetak dapat ditampilkan dalam berbagai bentuk. Jika bahan ajar cetak tersusun secara baik, maka bahan ajar akan mendatangkan beberapa keuntungan seperti yang dikemukakan oleh Steffen Peter Ballstaedt (1994), yaitu: 1) Bahan tertulis biasanya menampilkan daftar isi, sehingga memudahkan bagi seorang guru untuk menunjukkan kepada peserta didik bagian mana yang sedang dipelajari; 2) Biaya untuk pengadaannya relatif sedikit (Aryanti Agustina, 2018: 22).

Bahan tertulis cepat digunakan dan dapat dipindah-pindah secara mudah. a) Susunannya menawarkan kemudahan secara luas dan kreativitas bagi individu; b) Bahan tertulis relatif ringan dan dapat dibaca di mana saja; c) Bahan ajar yang baik dapat memotivasi pembaca untuk melakukan aktivitas, seperti menandai, mencatat dan membuat sketsa; d) Bahan tertulis dapat dinikmati sebagai sebuah dokumen yang bernilai besar; e) pembaca dapat mengatur tempo secara mandiri (Aryanti Agustina, 2018: 22).

Bahan ajar cetak memiliki beberapa jenis yang bisa digunakan dalam proses pembelajaran antara lain adalah handout, buku teks, lembar kegiatan siswa, model (market), poster, brosur dan modul.

Handout adalah bahan ajar yang sangat ringkas, handout bersumber dari beberapa referensi yang relevan terhadap materi pokok dan kompetensi dasar. Umumnya, handout berfungsi untuk membantu peserta didik agar tidak perlu mencatat, sebagai bahan

rujukan peserta oleh didik, sebagai pendamping yang membantu penjelasan pendidik, dapat memotivasi peserta didik untuk lebih giat belajar, pengikat pokok-pokok materi yang diajarkan, memberi umpan balik serta dapat menilai hasil belajar (Aryanti Agustina, 2018: 22).

Buku teks pelajaran pada umumnya merupakan bahan tertulis yang menyajikan ilmu pengetahuan atau buah pikiran dari pengarangnya yang disusun secara sistematis, berdasarkan kurikulum yang berlaku (Aryanti Agustina, 2018: 23).

Lembar Kegiatan Siswa (*student work sheet*) merupakan lembaran-lembaran yang berisi tugas-tugas yang harus dikerjakan peserta didik. Lembar kegiatan siswa biasanya berupa langkah-langkah maupun petunjuk untuk menyelesaikan tugas. LKS berfungsi untuk meminimalkan peran pendidik dan mengaktifkan peran peserta didik, mempermudah peserta didik untuk memahami materi yang diberikan dan kaya akan tugas untuk berlatih (Aryanti Agustina, 2018: 23).

Model (market) merupakan bahan ajar yang berupa tiruan benda nyata untuk menjembatani berbagai kesulitan yang bisa ditemui, apabila menghadirkan objek atau benda tersebut langsung ke dalam kelas, sehingga nuansa asli dari benda tersebut masih bisa dirasakan oleh peserta didik tanpa mengurangi struktur aslinya, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Aryanti Agustina, 2018: 23).

Brosur merupakan bahan ajar berupa informasi tertulis mengenai suatu masalah yang disusun secara sistematis yang terdiri atas beberapa halaman dan dilipat tanpa dijilid atau selebaran cetakan yang berisi keterangan singkat namun lengkap tentang organisasi atau perusahaan (Aryanti Agustina, 2018: 23).

Laflet merupakan bahan ajar cetak tertulis yang berupa lembaran yang dilipat tetapi tidak dijahit/ dimatikan. Agar terlihat menarik biasanya leaflet didesain secara cermat dilengkapi dengan ilustrasi yang menggunakan bahasa yang sederhana, singkat serta mudah dipahami (Aryanti Agustina, 2018: 23).

Wallchart adalah bahan cetak, biasanya berupa bagan siklus/proses atau grafik yang bermakna menunjukkan posisi tertentu. Wallchart didesain dengan menggunakan tata warna dan pengaturan proporsi yang baik, agar terlihat lebih menarik bagi guru maupun siswa. Wallchart biasanya masuk dalam kategori alat bantu melaksanakan pembelajaran, namun dalam hal ini wallchart didesain sebagai bahan ajar (Aryanti Agustina, 2018: 23).

Foto/Gambar memiliki makna yang lebih baik dibandingkan tulisan. Sebagai bahan ajar, foto/gambar tentu saja diperlukan suatu rancangan yang baik agar setelah melihat foto/gambar siswa dapat melakukan sesuatu yang pada akhirnya siswa dapat menguasai satu atau lebih kompetensi dasar (Aryanti Agustina, 2018: 23-24).

Modul adalah sebuah buku tertulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan

bimbingan guru, sehingga modul berisi paling tidak: (1) petunjuk belajar (Petunjuk guru/siswa); (2) Kometensi yang akan dicapai; (3) Content atau isi materi; (4) informasi pendukung; (5) Latihan-latihan; (6) Petunjuk kerja, berupa lembar kerja (LK); (7) Evaluasi; (8) Balikan terhadap evaluasi (Aryanti Agustina, 2018: 22).

### **2.1.3. Tujuan dan Manfaat Penyusunan Bahan Ajar (Modul)**

Hamdani (2011: 220-224) menyatakan bahwa salah satu tujuan penyusunan modul adalah menyediakan bahan ajar yang sesuai dengan tuntunan kurikulum dengan mempertimbangkan kebutuhan siswa, yakni bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik materi ajar dan karakteristik siswa, serta setting atau latar belakang lingkungan sosial.

Modul memiliki berbagai manfaat, baik ditinjau dari kepentingan siswa maupun dari kepentingan guru. Bagi siswa modul bermanfaat, antara lain: a) Siswa memiliki kesempatan melatih diri belajar secara mandiri; b) Belajar menjadi lebih menarik karena dapat dipelajari diluar kelas diluar jam pembelajaran; c) Berkesempatan mengekspresikan cara belajar yang sesuai dengan kemampuan dan minatnya; d) Berkesempatan menguji kemampuan diri dengan mengerjakan latihan yang disajikan dalam modul; e) Mampu membelajarkan diri sendiri dan; f) Mengembangkan kemampuan siswa dalam berinteraksi langsung dengan lingkungan dan sumber belajar lainnya (Taufik Aditia, 2013: 8).

#### **2.1.4. Prinsip-Prinsip Penyusunan Modul**

Hamdani (2011) mengemukakan penyusunan modul hendaknya memerhatikan berbagai prinsip yang membuat modul tersebut dapat memenuhi tujuan penyusunannya. Prinsip yang harus dikembangkan dalam penyusunan modul antara lain: a) Dsusun dari materi yang mudah ke materi yang lebih sulit untuk memahami yang lebih sulit dan disusun dari yang konkret ke semikonkret untuk memahami semikonkret dan abstrak; (b) menekankan pada pengulangan guna memperkuat pemahaman; (c) memberikan umpan balik yang positif yang akan memberikan penguatan terhadap siswa; (d) Memotivasi merupakan salah satu upaya yang dapat menentukan keberhasilan belajar; (e) Tugas dan latihan untuk menguji diri sendiri (Taufik Aditia, 2013: 8-9).

#### **2.1.5. Alur Penyusunan Modul**

Menurut Hamdani (2011) Modul pada dasarnya merupakan sarana pelajaran yang memuat materi dengan cara-cara pembelajarannya. Oleh karena itu, penyusunannya hendaknya mengikuti cara-cara penyusunan perangkat pembelajaran pada umumnya. Sebelum melakukan penyusunan modul, guru harus melakukan identifikasi terlebih dahulu terhadap kompetensi dasar yang akan diajarkan. Selain itu, guru juga melakukan identifikasi terhadap indikator-indikator pencapaian kompetensi yang terdapat dalam silabus yang telah disusun (Taufik Aditia, 2013: 9).

Penyusunan sebuah modul pembelajaran diawali dengan urutan kegiatan sebagai berikut: a) Menetapkan judul modul yang akan disusun; b) Menyiapkan buku-buku sumber dan buku referensi lainnya; c) Melakukan identifikasi terhadap kompetensi dasar, melakukan kajian terhadap materi pembelajarannya, serta merancang bentuk kegiatan pembelajaran yang sesuai; d) mengidentifikasi indikator pencapaian kompetensi dan merancang bentuk dan jenis penilaian yang akan disajikan (Taufik Aditia, 2013: 9).

Setelah draf modul tersusun, kegiatan berikutnya adalah melakukan validasi dan finalisasi terhadap draf modul tersebut. Kegiatan ini sangat penting agar modul disajikan (diterapkan) kepada siswa benar-benar valid dari segi isi dan efektivitas modul dalam mencapai kompetensi yang ditetapkan (Taufik Aditia, 2013: 9).

