

BAB 2

KAJIAN TEORI

A. Keanekaragaman

Keanekaragaman merujuk pada kehadiran masing-masing spesies dalam suatu ekosistem (Odum, 1993) Keanekaragaman spesies merupakan jumlah dan variasi spesies dalam suatu ekosistem atau habitat tertentu. Konsep ini merupakan salah satu aspek utama dalam keanekaragaman hayati, yang mencerminkan keseimbangan ekologis dan stabilitas suatu lingkungan (Magurran, 2004, hlm. 25). Keanekaragaman spesies dianggap sebagai cerminan kesehatan suatu ekosistem. Ekosistem yang memiliki keanekaragaman spesies tinggi cenderung lebih stabil dan mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan

Indeks keanekaragaman Shannon Wiener merupakan ideks perhitungan yang sering digunakan untuk menilai keanekaragaman spesies dalam suatu komunitas ekologi. indeks ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang struktur komunitas dibandingkan hanya menghitung jumlah spesies saja. indeks keanekaragaman (Shannon Weiner 1949 dalam Kurniawati, 2016) dengan rumus berikut ini:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \cdot \ln(p_i))$$

Keterangan :

H' = Indeks keanekaragaman

Pi = Perbandingan jumlah individu suatu jenis dengan keseluruhan jenis (ni/N)

ni = Jumlah jenis yang tertangkap

N = Jumlah total individu semua jenis

Untuk kriteria Kriteria H' adalah sebagai berikut:

Nilai H' = <1,5 maka keanekaragaman rendah,

Nilai $H' = 1,5 - 3,5$: Keanekaragaman sedang

Nilai $H' = >3,5$: keanekaragaman tinggi

Dalam ekosistem yang sehat, keanekaragaman cenderung lebih tinggi karena kondisi tanah yang stabil, kaya akan bahan organik, dan memiliki struktur fisik yang baik. Namun, aktivitas manusia seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan, serta penggunaan bahan kimia pertanian yang berlebihan, dapat berdampak negatif terhadap populasi makrofauna tanah. Seperti, penggunaan pestisida dalam jumlah besar tidak hanya membunuh hama, tetapi juga mengurangi jumlah makrofauna yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah (Pariyanto *et al*, 2020, hlm.152).

Keanekaragaman makrofauna tanah beserta peranannya dalam ekosistem masih belum sepenuhnya dipahami, bahkan cenderung sangat kompleks. Tetapi perhatian terhadap konservasi keanekaragaman makrofauna tanah juga masih minim (Lavelle *et al.*, 1994 dalam Sugiyarto, 2008). Padahal, tingkat keanekaragaman makrofauna tanah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber makanannya. Semakin melimpah makanan yang tersedia, maka semakin tinggi pula tingkat keanekaragaman makrofauna di suatu habitat (Nusroh, 2007). Jika terjadi penurunan jumlah makrofauna tanah, hal ini dapat mengganggu keseimbangan komunitas yang ada. Akibatnya, bisa muncul dominasi oleh spesies tertentu yang justru berpotensi menjadi hama bagi tanaman di lahan tersebut (Suhariyanto, 2012).

B. Kelimpahan

Kelimpahan mengacu pada jumlah individu dari setiap spesies yang terdapat dalam suatu komunitas ekosistem (Campbell, 2010, hlm. 385) kelimpahan merujuk pada nilai persentase spesies yang hadir untuk menghitung kelimpahan spesies, digunakan rumus (Brower, zar & Von Ende 1997 dalam Kurniawati, 2016) rumus kelimpahan dapat dihitung sebagai berikut:

$$KR = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Jumlah individu seluruh jenis}} \times 100\%$$

Indeks kelimpahan jenis berkisar antara 0-1. Jika indeks kelimpahan menunjukkan nilai 1 maka kelimpahan seluruh jenis memiliki kelimpahan yang

merata sedangkan, jika nilainya <1 maka kelimpahan jenisnya tidak merata (Odum, 1993 dalam Asrina, 2024)

Jumlah atau kelimpahan makrofauna tanah di dalam suatu ekosistem sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan di mana organisme tersebut hidup dan berkembang. Beberapa faktor yang berperan meliputi ketersediaan bahan organik dalam tanah (C-organik), tingkat keasaman tanah (pH), suhu tanah, serta tingkat kelembapan tanah (Nurrohman *et al.*, 2015)

Melimpahnya populasi mengacu pada tingginya populasi makrofauna di suatu lahan menunjukkan bahwa tanaman yang tumbuh di area tersebut menghasilkan banyak serasah yang kemudian terakumulasi dalam tanah sebagai sumber bahan organik. Bahan organik ini selanjutnya akan diuraikan oleh fungi dan bakteri menjadi unsur hara yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Handayani & Winara, 2020).

kelimpahan suatu spesies sering kali dijadikan indikator untuk menilai kesehatan lingkungan. Seperti, jika jumlah serangga yang hidup di permukaan tanah cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa habitat tersebut memiliki kualitas yang baik dan sumber daya yang melimpah. Sebaliknya, penurunan drastis dalam jumlah spesies tertentu bisa menjadi tanda adanya gangguan ekosistem, seperti degradasi lingkungan akibat aktivitas manusia, termasuk alih fungsi lahan dan pencemaran (Rama, 2023). Oleh karena itu, memahami kelimpahan spesies sangat penting dalam upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya alam agar keseimbangan ekosistem tetap terjaga.

C. Makrofauna Tanah

Makrofauna tanah, berasal dari gabungan kata makros berarti “besar” dan fauna yang berarti “hewan.” Secara sederhana, istilah ini mengacu pada hewan-hewan berukuran relatif besar, kelompok hewan yang hidup di atas dan di bawah permukaan tanah disebut dengan fauna tanah (Suhariyanto, 2012). Menurut Nurohmah, (2015) Fauna tanah dibagi menjadi empat kelompok yaitu:

- a. Mikrofauna dengan diameter tubuh 0,02-0,2 mm.
- b. Mesofauna dengan diameter tubuh 0,2-2 mm.

c. Makrofauna dengan diameter tubuh 2-20 mm

Berikut merupakan klasifikasi makrofauna tanah berdasarkan panjang tubuh umumnya:

FAUNA	GROUP	SIZE RANGE (METRIC / INCHES)
Micro	Protozoa	1 μ m–3mm / 0.00004–0.11"
Meso	Rotifers	0.1–3 mm / 0.0039–0.12"
	Tardigrades	0.05–1.7 mm / 0.002–0.067"
	Nematodes	0.3–10 mm / 0.012–0.39"
	Potworms	1–30 mm / 0.039–1.18"
	Mites	60 μ m–5 mm / 0.0024–0.2"
	Springtails	0.25–5 mm / 0.0098–0.2"
	Bristletails	2–15 mm / 0.079–0.59"
	Thrips	0.5–5 mm / 0.02–0.2"
Macro	Dwarf millipedes	1–10 mm / 0.039–0.39"
	Earthworms	1–40 mm / 0.39–15.7"
	Slugs, snails	1.5 mm–12 cm / 0.059–4.7"
	Spiders	1–35 mm / 0.079–1.18"
	Termites	2–20 mm / 0.08–0.8"
	Flies	1 mm–3.5 cm / 0.039–1.38"
	Beetles	0.5 mm–12 cm / 0.02–4.72"
	Ants	1–25 mm / 0.04–0.98"
Bees, wasps	1 mm–5 cm / 0.039–1.18"	

Gambar 2. 1 Klasifikasi Makrofauna

Sumber: The Xerces Society for Invertebrate Conservation xerces.org

Makrofauna tanah sering dimanfaatkan sebagai indikator untuk menilai kualitas tanah, mengingat organisme ini sangat peka terhadap berbagai perubahan kondisi lingkungan (Afrianti, 2020). Sejalan dengan itu, Herdiyanto & Setiawan

(2015) juga menyatakan bahwa makrofauna tanah berperan sebagai bioindikator dalam menentukan tingkat kesuburan tanah. Praktik pertanian, khususnya penggunaan pestisida kimia, dapat berdampak negatif dengan menurunkan populasi organisme tanah. Padahal, makrofauna tanah memiliki peran penting dalam menjaga kualitas lingkungan di lahan pertanian. Jika pengelolaan tanah tidak dilakukan dengan baik, hal ini dapat menyebabkan penurunan kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah, yang pada akhirnya dapat mengganggu ketersediaan unsur hara dalam tanah (Yulipriyanto, 2010).

Populasi organisme tanah dan vegetasi di atasnya saling mempengaruhi satu sama lain begitupun sebaliknya, yang pada akhirnya akan menentukan produktivitas lahan tempat organisme tersebut hidup (Saputra dan Agustina, 2018). Hewan makrofauna melakukan fungsi yang sangat penting dalam suatu habitat tanah (Wibowo *et al.*, 2017) Salah satu fungsi penting hewan makrofauna tanah adalah untuk menjaga kualitas kesuburan tanah melalui perombakan bahan organik, distribusi hara, dan peningkatan aerasi tanah (Saputra dan Agustina, 2018).

Makrofauna tanah, dikenal sebagai perekayasa ekosistem karena kemampuannya dalam memperbaiki struktur fisik tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, mempengaruhi aliran air, serta mengatur sirkulasi nutrisi dan energi. Selain itu, mereka juga membentuk hubungan antara rantai makanan di atas permukaan tanah dan di dalam tanah. (Culliney, 2013). Beberapa organisme seperti annelida (cacing tanah), arthropoda (semut, kumbang, kelabang, dan kaki seribu), dan mollusca (siput) berperan dalam penguraian bahan organik, aerasi tanah, dan pembentukan struktur tanah. Makrofauna tanah sering disebut sebagai ahli ekosistem karena pekerjaan mereka yang penting dalam membentuk dan menjaga keseimbangan ekosistem (Sofa *et al.*, 2020). Sejalan dengan pernyataan Lavelle *et al.* (2016) bahwa kehadiran makrofauna tanah tidak hanya mencerminkan kesehatan tanah, tetapi juga berperan besar dalam proses-proses alami seperti dekomposisi bahan organik, siklus nutrisi, dan pembentukan agregat tanah yang membantu menjaga kestabilan struktur tanah.

Berikut merupakan pembahasan dan klasifikasi hewan tanah yang termasuk kedalam makrofauna tanah adalah sebagai berikut:

1. Kelas insecta

Kelas “insekta” merupakan kelas dengan spesies terbanyak dan tersebar paling luas di kerajaan animalia, hal tersebut dikarenakan bahwa insekta merupakan makhluk yang mudah ditemukan di seluruh permukaan bumi (Teristiandi, 2020). Menurut Arlen, (2020) menyebutkan hewan makrofauna kelas insekta mempunyai persebaran yang luas serta, sering ditemukan di permukaan tanah khususnya tanah pertanian.

Kelas insekta tergolong dalam filum Arthropoda kata *arthros* berarti “ruas atau sendi” sedangkan *podos* berarti “kaki atau tungkai”. Tubuh serangga terbagi menjadi tiga bagian utama kepala, (caput), dada (toraks), dan perut (abdomen). Pada bagian kepala, terdapat sepasang antena, mata majemuk (dikenal sebagai mata facet), mata tunggal (oseli), serta alat mulut yang berfungsi untuk mengambil makanan. Sementara itu, bagian toraks tersusun atas protoraks, mesotoraks, dan metatoraks (Jumar, 2000). Dalam kelompok insekta ini, terdapat berbagai ordo yang masing-masing memiliki karakteristik tersendiri berikut merupakan ordo kelas insekta, yang termasuk kedalam makrofauna tanah.

a. Ordo Hymenoptera

Ordo Hymenoptera adalah kelompok serangga yang mencakup lebah, tawon, dan semut. Nama "Hymenoptera" berasal dari kata *Hymen* yang berarti “membran” dan *Ptera* yang berarti “sayap”. Ini merujuk pada ciri khas mereka yang mempunyai dua pasang sayap tipis dan transparan (Michener, 2018). Hymenoptera merupakan serangga dengan ciri sayapnya yang tipis dan beragam umumnya memiliki mulut penggigit (Horwell *et al*, 1998). Serangga dalam ordo ini memainkan peran penting dalam keseimbangan ekosistem, terutama dalam penyerbukan tanaman dan pengendalian populasi hama secara alami (Wilson & Hölldobler, 2015). Kehadiran mereka sangat berpengaruh dalam menjaga keberlanjutan rantai makanan dan produktivitas ekosistem pertanian.

Hymenoptera merupakan salah satu ordo serangga terbesar, dengan lebih dari 100.000 spesies yang telah dideskripsikan secara global, dan jumlahnya diperkirakan lebih dari 300.000 spesies secara keseluruhan (Grimaldi & Engel,

2020). Ordo ini mencakup berbagai famili utama, seperti Apidae (lebah), Formicidae (semut), dan Vespidae (tawon). Serangga dalam ordo ini tersebar luas di berbagai ekosistem, mulai dari hutan hujan tropis hingga daerah beriklim sedang. Keanekaragaman spesies ini mencerminkan kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan.

Serangga dalam ordo Hymenoptera memiliki tubuh yang terbagi menjadi tiga bagian utama: kepala, toraks, dan abdomen (Michener, 2018). Mereka memiliki antena yang bervariasi dalam panjang dan jumlah segmen tergantung spesiesnya. Sistem pencernaan mereka juga bervariasi sesuai dengan jenis makanan yang dikonsumsi, seperti nektar, serangga lain, atau bahan organik yang membusuk. Beberapa spesies memiliki ovipositor yang berkembang menjadi sengat yang digunakan untuk pertahanan atau berburu. Fisiologi tubuh mereka yang unik memungkinkan mereka untuk menjalankan berbagai fungsi ekologis, termasuk komunikasi kimia melalui feromon dan kerja sama sosial dalam koloni. Semut tergolong dalam famili Formicidae, yang berada dalam ordo Hymenoptera. Subordo semut adalah Apocrita, yang ditandai dengan melekatnya segmen pertama abdomen pada thoraks sehingga membentuk bagian tubuh yang disebut propodeum dan membentuk struktur yang dikenal sebagai mesosoma. Semut termasuk serangga eusosial yang hidup di daratan. Ciri khas koloni eusosial adalah adanya kerja sama antarindividu dalam merawat anggota muda (pradewasa) di dalam koloni. Saat ini, semut diklasifikasikan dalam 14 subfamili:

- 1) Nothomyeciinae
- 2) Myrmeciinae
- 3) Ponerinae
- 4) Dorylinae
- 5) Aneuritinae
- 6) Aenictinae
- 7) Ecitoninae
- 8) Myrmicinae
- 9) Pseudomyrmicinae
- 10) Cerapachyinae
- 11) Leptanillinae

12) Leptanilloidinae

13) Dolichoderinae

14) Formicinae

1) *Dinoponera gigantea* (Semut hitam raksasa)



Gambar 2. 2 Spesies *Dinoponera gigantea*

(sumber: gbif.org 1993)

Klasifikasi semut hitam raksasa menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas: Insekta

Ordo: Hymenoptera

Famili: Formicidae

Genus: *Dinoponera*

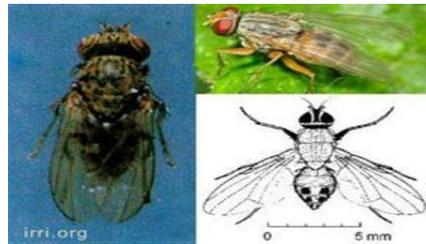
Spesies: *Dinoponera gigantea*

b. Ordo Diptera

Ordo Diptera adalah kelompok serangga yang mencakup berbagai jenis lalat, nyamuk, dan lalat buah. Nama Diptera berasal dari bahasa latin "di" yang berarti dua dan "Ptera" yang berarti sayap. Diptera merupakan salah satu ordo terbesar dari kelas insecta diperkirakan sudah teridentifikasi lebih dari 120.000 spesies, diptera memiliki karakteristik mata majemuk dan sayap belakangnya mengalami evolusi menjadi sayap *halter* (Wiegmann dan Yeates, 2017) Struktur halter ini berfungsi sebagai alat keseimbangan saat terbang, memungkinkan serangga untuk bermanuver dengan lincah di udara. Menurut Huston & Klass (2017), terdapat variasi struktur sensilla pada *halter* di berbagai famili Diptera, yang berkaitan erat dengan evolusi dan kemampuan terbang mereka. Selain itu,

Santhanakrishnan *et al.* (2015) menemukan bahwa gerakan terkoordinasi antara sayap dan halter sangat dipengaruhi oleh mekanisme toraks tertentu. Jika koordinasi ini terganggu, kemampuan terbang serangga tersebut akan menurun secara signifikan.

1) *Atheriona oryzae* (Lalat Padi)



Gambar 2. 3 Spesies *Atheriona oryzae*

Sumber: Agrokompleskita.com 2019

Klasifikasi lalat padi menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas: Insekta

Ordo: Diptera

Famili : Muscidae

Genus : *Atherigona*

Spesie : *Atherigona oryzae*

Spesies lalat pucuk padi (*Atherigona oryzae*) memiliki jumlah rendah 2 individu). *A. oryzae*, biasanya dikenal sebagai hama tanaman padi tapi tercuplik di lahan pengamatan karena area pengamatan dekat dengan lahan padi dapat di area bagian bawah Perkebunan kailan. populasi lalat ini dapat menggambarkan tingkat gangguan ekosistem pertanian, yang juga berkaitan erat dengan kualitas tanah (Solikhatin *et al*, 2021) Selain itu, *A. oryzae* dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai dampak perubahan lingkungan, termasuk kontaminasi tanah akibat penggunaan pestisida yang berlebihan (Dirgayana *et al*, 2020).

c. Ordo hemiptera

Ordo Hemiptera berasal dari gabungan kata "*hemi*" (setengah) dan "*ptera*" (sayap) yang merujuk pada bentuk sayap depannya: bagian pangkalnya mengeras, sedangkan bagian ujungnya tetap tipis seperti membran. Selain itu, serangga ini dilengkapi alat mulut khusus berbentuk rostrum, yang dipakai untuk menusuk jaringan tanaman atau hewan dan menghisap cairannya (Gülsar *et al.*, 2021). memiliki alat mulut berbentuk Lebih dari 90 ribu spesies hemiptera memiliki pengerasan sayap depan yang tidak sempurna. Ini berbeda dengan coleoptera, yang memiliki pengerasan sayap penuh (Gillot, 2005). Selain itu, hemiptera biasanya memiliki bentuk mulut penghisap serta metamorfosis yang tidak sempurna atau hemimetabola. rostrum yang berfungsi untuk menusuk dan menghisap cairan dari tumbuhan atau inang.

1) *Pangasus bilineatus* (kumbang Penggali tanah)



Gambar 2. 4 Spesies *Pangasus bilineatus*

Sumber : gbif.org 2019

Klasifikasi kumbang penggali menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas: Insekta

Ordo: Hemiptera

Famili: Cydnidae

Genus: *Pangasus*

Spesies: *Pangasus bilineatus*

Kumbang penggali tanah *Pangasius bilineatus* mempunyai peranan dalam ekosistem tanah melalui aktivitas menggali dan mengolah tanah. Penggalian

kumbang ini meningkatkan aerasi tanah, memperbaiki struktur tanah, serta mempercepat proses dekomposisi bahan organik dengan mengaduk material bahan organik ke dalam lapisan tanah yang paling dalam (Putra & Santoso, 2019). Hal ini berdampak positif pada kesuburan tanah dan siklus nutrisi yang berguna untuk pertumbuhan tanaman. *P. bilineatus* sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, terutama pencemaran tanah oleh bahan kimia atau limbah industri. Penurunan populasi kumbang ini dapat menjadi indikator awal adanya pencemaran atau kerusakan lingkungan tanah, sehingga kumbang ini sering digunakan sebagai bioindikator kesehatan ekosistem tanah (Nugroho *et al.*, 2021). Dengan demikian, keberadaan dan kelimpahan *P. bilineatus* mencerminkan kualitas tanah dan tingkat pencemaran yang terjadi di suatu area.

c. Ordo Orthoptera

Kata Orthoptera sendiri berarti "sayap lurus", karena saat sedang tidak terbang, sayap mereka terlipat rapi di atas punggung. Ordo Orthoptera memiliki spesies yang teridentifikasi sebanyak sekitar 20 ribu spesies ini memiliki kaki belakang yang termodifikasi menjadi lebih besar yang berguna sebagai kaki loncat atau yang sering disebut saltatorial (Hoell dan Purcell, 1998). Salah satu ciri menarik dari anggota ordo ini umumnya dikenal karena kemampuan mereka menghasilkan suara stridulasi dengan menggesekkan sayap atau kaki pada musim kawin (Mason & Montealegre-Z, 2017).

1) *Grylloides sigillatus*



Gambar 2. 5 Spesies *Grylloides sigillatus*

Sumber : Walker, F. (1869)

Klasifikasi *Grylloides sigillatus* menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas: Insekta

Ordo: Orthoptera

Famili: Gryllidae

Genus: *Gryllodes*

Spesies: *Gryllodes sigillatus*

Serangga tanah *Gryllodes sigillatus* turut berkontribusi dalam proses dekomposisi bahan organik dengan memakan sisa-sisa tanaman dan bahan organik lain. Aktivitasnya mempercepat pembentukan humus dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah (Halim & Prasetyo, 2019). Populasi *G. sigillatus* yang stabil dapat menjadi indikator biologis kondisi kesuburan tanah dan dampak dari aktivitas manusia seperti penggunaan pestisida dan praktik pertanian (Nugroho *et al.*, 2020).

2. Kelas Arachnida

Arachnida merupakan kelas organisme dalam subfilum chelicerata di bawah filum arthropoda (Cracraft dan Donoghue, 2004). Arachnida memiliki keanekaragaman yang tinggi diperkirakan terdapat lebih dari 170.000 spesies (Lalisan *et al.*, 2015). Arachnida berperan sebagai organisme predator pada tingkatan jaring makanan yang lebih rendah (Koneri dan Sumarto, 2015). Sebagian besar kelas arachnida aktif mencari mangsa pada malam hari atau nocturnal (McGavin, 2002).

a. Ordo Araneae

"Araneae" berasal dari bahasa Latin yang berarti laba-laba itu sendiri dikenal dengan kemampuannya menghasilkan berbagai jenis sutra yang digunakan untuk membangun jaring, membungkus telur, atau sebagai alat bantu mobilitas memiliki dua bagian tubuh utama cephalothorax dan abdomen, empat pasang kaki, serta kemampuan memproduksi sutra melalui organ khusus yang disebut spinneret, Kreuz *et al.* (2024) melalui studi morfologi spinneret mengungkapkan adanya hubungan erat antara variasi otot dan struktur spinneret dengan jenis jaring yang dihasilkan. Selain itu, sistem pernapasan laba-laba yang berupa *book lungs* atau paru-paru buku juga menunjukkan tingkat adaptasi yang tinggi dalam mendukung aktivitas hidupnya, sebagaimana dijelaskan oleh (Foelix, 2010).

1) *Nesticodes rufipes* (Laba-laba Rumah Merah)



Gambar 2. 6 Spesies *Nesticodes rufipes*

Sumber: Pierre Hippolyte Lucas, 1846

Klasifikasi *Nesticodes rufipes* (Laba-laba Rumah Merah) menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Arthropoda

Kelas : Arachnida

Ordo : Araneae

Famili : Theridiidae

Genus : *Nesticodes*

Spesies : *Nesticodes rufipe*

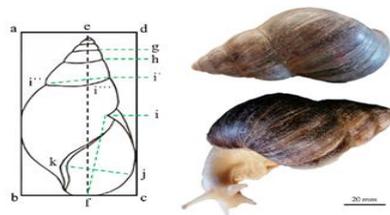
Laba-laba merupakan predator yang berperan dalam mengendalikan populasi serangga tanah, serta sensitif terhadap perubahan lingkungan mikro (Marc *et al*, 1999). *N.rufipes* adalah predator serangga yang membantu mengendalikan populasi hama di lingkungan tanah dan sekitarnya. Laba-laba *Nesticodes rufipes* adalah predator serangga yang membantu mengendalikan populasi hama di lingkungan tanah dan sekitarnya. Dengan menekan jumlah serangga herbivora, keberadaan *N. rufipes* mendukung keseimbangan ekosistem dan menjaga kesehatan tanaman (Santoso & Hidayat, 2018). Meskipun penelitian spesifik terkait fungsi *N. rufipes* sebagai indikator kualitas tanah masih terbatas, perannya sebagai predator membuatnya menjadi komponen penting dalam rantai makanan tanah yang mencerminkan tingkat gangguan habitat dan kualitas lingkungan.

3. Kelas Gastropoda

Nama Gastropoda sendiri terdiri atas dua kata, yaitu “*Gastro*” yang berarti “perut” dan “*Podos*” yang berarti “kaki”. Hal ini mengacu pada cara bergerak bekicot, di mana perutnya berfungsi sebagai kaki, sehingga sering disebut sebagai hewan berkaki perut (Santoso, 2003). Gastropoda termasuk kedalam kelas Mollusca yang termasuk ke dalam kelompok Invertebrata. Kingdom Animalia, Subphylum Avertebrata, Phylum Mollusca, Kelas Gastropoda, Subkelas Pulmonata, Ordo Stylommatophora, Family Achatinidae. Hewan ini dikenal sebagai hewan bercangkang yang bergerak menggunakan perutnya sebagai kaki. sehingga Gastropoda memiliki alat gerak yang berupa perut yang berfungsi seperti kaki (Harminto, 2003 dalam Ulmaula *et al.*, 2016).

keberadaan gastropoda dapat dipicu oleh adanya naungan atau serasah yang dapat ditembus cahaya namun, kelembaban dan suhu tanahnya masih (Gumay *et al*, 2023) Sebagian besar Gastropoda memiliki cangkang tunggal membentuk spiral dengan berbagai warna yang unik. Cangkang ini sudah mulai terbentuk saat berlansungnya fase embrio. Namun, ada beberapa jenis Gastropoda yang tidak memiliki cangkang sama sekali, sehingga dikenal sebagai siput telanjang. Salah satu ciri khas utama dari Gastropoda adalah proses perkembangan yang disebut torsi. Dalam tahap embrio, beberapa spesies seperti abalone dan limpet awalnya berbentuk pipih sebelum mengalami perubahan akibat torsi, yang menyebabkan bagian tubuhnya berputar sehingga rongga tubuhnya berpindah posisi (Campbell, 2012).

a. Ordo Stylommatophora *Lissachatina fulica* (Bekicot)



Gambar 2. 7 Spesies *Lissachatina fulica*

Sumber: Afiademanyo, Open J. Anim. Sci. 2021

Klasifikasi *Lissachatina fulica* (Bekicot) menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Mollusca

Kelas: Gastropoda

Ordo: Stylommatophora

Famili: Achatinidae

Genus: *Lissachatina*

Spesies: *Lissachatina fulica*

Bekicot *Lissachatina fulica* memiliki fungsi dalam mendukung proses dekomposisi bahan organik dengan memakan dedaunan dan serasah tanaman, bekicot mempercepat penguraian bahan organik yang kemudian memperbaiki struktur tanah untuk meningkatkan kesuburannya (Pratiwi *et al.*, 2022). sensitivitas bekicot terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti kelembaban dan kualitas tanah menjadikannya indikator biologis yang berguna dalam penilaian kondisi lingkungan, terutama untuk mengetahui adanya degradasi atau pencemaran tanah (Fitriani & Kusuma, 2020).

L. Fulica merupakan gastropoda darat asli afrika timur yang terdaftar di antara 100 spesies asing invasif terburuk di dunia (Patono *et al.*, 2022). siput ini juga dapat mengurangi keanekaragaman hayati dan menyebabkan kerugian ekonomi dan ancaman terhadap ekosistem pertanian karena sering memakan tanaman pertanian (Bohatá, L, & Patoka, J 2023)

b. Ordo Architaenioglossa *Pomacea canaliculata* (Keong Mas)



Gambar 2. 8 *Pomacea canaliculata* keong mas

Sumber: Istianingsih dan Marwoto, 2011

Klasifikasi *Pomacea canaliculata* (Keong Mas) menurut Borrer dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Mollusca

Kelas: Gastropoda

Ordo: Architaenioglossa

Famili: Ampullariidae

Genus: *Pomacea*

Spesies: *Pomacea canaliculata*

P.canaliculata termasuk ke dalam spesies keong dari famili Ampullariidae yang merupakan spesies dari Amerika selatan dan bagian dari daerah Amerika Utara menurut (Hayes *et al*, 2012) *Pomacea canaliculata* dikenal sebagai hama utama tanaman, namun kehadirannya juga mencerminkan kondisi kualitas lingkungan perairan dan tanah sekitarnya. Populasi keong ini meningkat di area persawahan yang memiliki kelembaban dan kandungan organik tinggi, sehingga bisa dijadikan indikator kesuburan dan kondisi ekosistem sawah (Saputra *et al.*, 2018). Kemampuan adaptasi *P.canaliculata* terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi juga menunjukkan bahwa kehadirannya dapat merefleksikan perubahan ekosistem, seperti adanya pencemaran atau perubahan pola pengelolaan lahan. Dengan demikian, keberadaan keong mas dapat dipakai untuk monitoring kualitas tanah di lahan sawah (Dewi, 2021). Spesies keong mas adalah salah satu hama pertanian yang paling berbahaya, karena pola makan seperti ini sering merusak tanaman padi di Asia (Qiu *et al.*, 2011). Pada malam hari, aktivitas keong mas biasanya meningkat, terutama ketika suhu air antara 29 dan 32 derajat Celcius dan aktif dimalam hari saat pagi hari, suhu air turun dan suhu udara meningkat menyebabkan keong mas tidak terlalu aktif. (Savira, 2024)

c. Stylommatophora *Veronicella cubensis* (Siput tanpa cangkang)



Gambar 2. 9 Spesies *Veronicella cubensis*

Sumber: web. Inaturalist 2024

Klasifikasi *Veronicella cubensis* (Siput tanpa cangkang) menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Mollusca

Kelas : Gastropoda

Ordo : Stylommatophora

Famili : Veronicellidae

Genus : *Veronicella*

Spesies : *Veronicella cubensis*

Siput tanpa cangkang *Veronicella cubensis* berperan dalam siklus bahan organik di tanah dengan mengkonsumsi daun-daun dan bahan organik lain. Proses ini membantu mempercepat pembentukan humus yang kaya akan nutrisi dan mendukung aktivitas *mikroorganisme* tanah (Rinehart *et al.*, 2021). Menurut Farutani *et al.*, (1998) *V. cubensis* merupakan hama bagi pertanian seperti papaya, pisang, kubis, belimbing, dan ubi jalar. Di Hawaii, rota, dan guam *V. cubensis* merupakan hama pertanian dan hortikultura (McDonnell *et al.*, 2009). Siput darat secara umum menghuni tempat yang gelap dan lembab seperti di bawah batu, dan serasah, *V. cubensis* aktif di malam hari (Nokturnal), tetapi dapat bergerak di siang hari setelah hujan sebaliknya, pada hari yang panas atau cerah *V. cubensis* akan bersembunyi ditempat yang lembab dan dingin (White McLean *et al.*, 2011). Sebuah penelitian di hawaii mengemukakan bahwa *V. cubensis* paling melimpah pada ketinggian kurang dari 300 m dan di daerah pemukiman (Joe, 2006). Kepekaan *V. cubensis* terhadap perubahan kelembaban dan kandungan bahan organik juga menjadikannya bioindikator yang efektif untuk memantau kesehatan tanah di ekosistem tropis, khususnya di lahan pertanian dan hutan (Sommer *et al.*, 2020).

4. Kelas Clitellata

a. Ordo haplotaxida

Ordo Haplotaxida merupakan kelompok cacing tanah yang termasuk dalam filum Annelida, kelas Clitellata, dan subkelas Oligochaeta. Cacing tanah dalam ordo ini dikenal sebagai organisme yang berperan penting dalam ekosistem tanah, terutama dalam proses dekomposisi bahan organik dan peningkatan kesuburan

tanah. Dari segi morfologi, tubuh cacing tanah tersusun atas segmen-segmen berbentuk cincin. Struktur khas yang dimiliki oleh cacing tanah adalah *chaeta*, yaitu rambut kecil yang membantu pergerakan dan mencengkeram substrat. Tubuhnya terbagi menjadi dua bagian utama: bagian anterior, yang memiliki mulut dan segmen yang sedikit menebal disebut *klitelum*, serta bagian posterior. *Klitelum* berfungsi dalam proses reproduksi, khususnya dalam pembentukan kokon telur (Edward & Bater, 1992). Cacing tanah merupakan hewan invertebrata dari filum Annelida, kelas Chaetopoda dan ordo Oligochaeta. Famili dari ordo ini yang sering ditemukan adalah:

- 1) Famili Moniligastridae, contoh genus: Moniligaster.
- 2) Famili Megascolidae, contoh genus: Pheretima,
- 3) Peryonix, Megascolex.
- 4) Famili Acanthodrilidae, contoh genus: Diplocardia.
- 5) Famili Eudrilidae, contoh genus: Eudrilus.
- 6) Famili Glossoscolecidae, contoh genus: Pontoscolex corethrus.
- 7) Famili Sparganophilidae, contoh genus: Sparganophilus.
- 8) Famili Tubificidae, contoh genus: Tubifex.
- 9) Famili Lumbricidae, contoh genus: Lumbricus, Eiseniella,
- 10) Bimastos, Dendrobaena, Octalasion, Eisenia, Allobophora

(Kumar et al., 2020).

Secara ekologi, ada tiga kelompok cacing tanah: cacing epigeik, cacing endogenik, dan cacing antiques. Cacing epigeik memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dan aktif membuat lubang di permukaan tanah, tidak membuat lubang dan memakan serasah. Cacing endogeik aktif membuat lubang di tanah karena pergerakannya yang cepat. Bila dikaitkan dengan kedalaman perakaran tanaman, tipe endogeik akan lebih cepat pengaruhnya terhadap tanaman keras atau tanaman tahunan, sedangkan tipe epigeik dan antique akan lebih terlihat pengaruhnya pada tanaman semusim atau yang berakar dangkal (Hanafiah *et al.*, 2010)

Ada tiga faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan cacing tanah, yaitu kelembaban, pH, dan suhu media tempat mereka hidup. Kelembaban media memegang peranan penting karena dapat memengaruhi sistem

pernapasan serta kesehatan cacing tanah. Tingkat kelembaban yang ideal untuk cacing tanah berkisar antara 30% hingga 50%. Bila kelembaban terlalu rendah, cacing tanah cenderung keluar dari media tersebut. Selain itu, suhu juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, serta proses respirasi cacing tanah. Suhu optimal untuk pertumbuhan cacing tanah berada di kisaran 15°C hingga 25°C, sementara suhu yang mendukung proses reproduksi berkisar antara 21°C hingga 29°C (Maulida, 2015).

Cacing tanah berperan mencampurkan bahan organik di lapisan bawah maupun atas tanah. Aktivitas inilah yang menyebabkan cacing sebagai penyebar bahan organik, kotoran kaya akan unsur hara yang bermanfaat bagi tanah. Selain itu, cacing juga sering membuat lubang-lubang di permukaan tanah yang menyebabkan, aerasi tanah menjadi lebih baik (Fonte, 2010). Cacing tanah memiliki peran sebagai *ecosystem engineer* atau *soil engineers*, menurut Husamah *et al*, (2018) arti *ecosystem engineer* artinya cacing memiliki peran penting dalam tanah. Seperti penelitian oleh Sadewa *et al*, (2020) yang menyatakan bahwa keberadaan cacing tanah dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator kualitas tanah.

a) *Lumbricus terrestris*



Gambar 2. 10 Cacing Tanah *Lumbricus terrestris*

(Sumber: Merdeka.com 2009)

Klasifikasi *Lumbricus terrestris* (Cacing tanah) menurut Borror dkk. (1992) adalah sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Annelida

Kelas: Clitellata

Ordo: Haplotaxida

Famili: Lumbricidae

Genus: *Lumbricus*

Spesies: *Lumbricus terrestris*

kelompok Cacing *L. terrestris* termasuk kedalam kelompok endogeik yang habitatnya di dalam tanah dengan kedalaman lebih dari 20 cm memakan akar yang telah mati dan tanah liat (Darmi, 2014) memiliki peranan sebagai penghancur dan perombak bahan organik atau serasah dibagian permukaan tanah dan di dalam tanah. aktivitas *L. terrestris* menggali liang, cacing ini meningkatkan aerasi dan permeabilitas tanah sehingga mendukung pergerakan air dan udara yang sangat penting bagi akar tanaman,serta fragmentasi dekomposisi serasah (Dwiastuti, 2018). Selain itu, proses pencernaan bahan organik oleh *L. terrestris* menghasilkan humus yang kaya nutrisi, meningkatkan kandungan unsur hara dalam tanah yang signifikan untuk mempercepat penguraian bahan organik seperti N dan C yang dapat mempercepat proses mineralisasi serta dekomposisi (Widyastuti & Abdoellah, 2021). selain itu, aktivitasnya menghasilkan kotoran (kascing) yang kaya akan kandungan unsur hara sebagai penyubur tanah (Salamah *et al.*, 2016).

D. Tanaman Kailan

1. Pengertian

Kailan (*Brassica oleracea var. alboglabra*) sayuran dari famili kubis-kubisan (*Brassicaceae*), berasal dari Cina. Kailan sangat umum di beberapa negara tropis, Afrika Timur dan Barat, Asia Tenggara, dan India Barat. Namun, pada abad ke-17, ia tiba di Indonesia. Sayuran berdaun hijau ini juga, dikenal sebagai brokoli Cina, gai lan, atau *Chinese kale*, dan memiliki batang yang tebal, daun hijau lebar, dan bunga kecil yang dapat dimakan. Karena rasanya yang manis dan teksturnya yang renyah, sayuran ini sangat populer di Asia, terutama dalam masakan Cina (Marlina *et al.*, 2021). Karena diminati oleh masyarakat Indonesia dari kalangan menengah ke atas dan tersedia di banyak restoran, kailan memiliki prospek yang sangat baik (Samadi, 2013). Sayuran ini cukup diminati dan populer di kalangan Masyarakat (Darmawan, 2009) Karena kailan sangat diminati dan populer di kalangan masyarakat, ada prospek pemasaran yang sangat baik untuk sayuran ini. Bisa dipertimbangkan untuk dikembangkan sebagai sayuran komersial untuk meningkatkan pendapatan petani. Suhu yang cocok untuk penanaman kailan adalah suhu 23-35 oC dengan ketinggian 1.000-3.000mdpl, dengan curah hujan

1.000-3.000 mm/tahun, dengan pH tanah 5-6, jenis tanah yang dibutuhkan untuk kailan adalah tanah aluvial, regoso, latosol, dan andosol (Cahyono, 2003) sejalan dengan penelitian Menurut Oktaviani dan Sholihah, (2018). Kailan mentah mengandung banyak nutrisi, seperti vitamin A 3500 IU, vitamin B1 0,11 mg, niacin 1,6 mg, kalsium 78,0 mg, magnesium 38,0 mg, fosfor 74,0 mg, besi 1,0 mg, air 90 gram, dan lemak 3,6 gram.

1. Morfologi dan klasifikasi kailan

kailan memiliki daun yang tebal dengan bentuk panjang dan lebar menyerupai caisim. Daunnya datar, mengkilap, dan cukup keras. Bentuknya bulat memanjang dengan ujung yang meruncing serta memiliki tulang daun menyirip. Warna daunnya hijau tua dengan permukaan yang halus dan tidak berbulu (Wibowo, 2017). Warna hijau daun kailan mengandung vitamin A,C,E, dan K yang tinggi dibandingkan jenis sayur hijau lainnya, yang bermanfaat untuk memelihara Kesehatan tulang, gigi, dan mata (Natalia, 2021). Kailan merupakan salah satu jenis sayuran yang bisa dibudidayakan sepanjang tahun. Tanaman ini dapat tumbuh baik di musim hujan maupun musim dingin, serta tetap bisa ditanam saat musim kemarau yang berlangsung singkat. Kailan juga fleksibel dalam hal tempat tumbuh, karena dapat dibudidayakan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi dengan ketinggian antara 200 hingga 1.900 meter di atas permukaan laut (Samadi, 2013).

Batang kailan tumbuh tegak dengan bentuk bulat pendek dan terletak di bagian bawah, sebagian tertanam di dalam tanah. Batang ini bersifat sejati, tidak terlalu keras, tetapi tetap kokoh. Kailan memiliki batang yang beruas-ruas dengan diameter sekitar 3–4 cm. Warna batangnya hijau dan bercabang di bagian atas. Selain itu, batang kailan mengandung banyak air, sehingga tergolong sebagai tanaman herbaceous. Tinggi tanaman ini berkisar antara 40–50 cm (Abror, 2023). Sistem perakaran kailan terdiri dari akar tunggang dan akar serabut. Akar tunggangnya tumbuh lurus menembus tanah hingga kedalaman sekitar 40 cm, sedangkan akar serabutnya lebih menyebar ke samping dengan kedalaman sekitar 25 cm (Birnadi, 2017).

Berikut merupakan klasifikasi tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L)

Kingdom: Plantae

Sub kingdom: Spermatophyta

Division: Magnoliophyta

Class: Magnoliopsida

Sub class: Dillendidae

Ordo: Capparales,

Family: Brassicaceae

Genus: *Brassica*

Spesies: *Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.



Gambar 2. 11 Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L)

(Sumber: dokumen Pribadi)

E. Kaitan Hasil dengan Pembelajaran Biologi Di SMA

Studi ini relevan dengan materi pembelajaran Biologi SMA, terutama pada kompetensi dasar keanekaragaman hayati dan ekosistem. Kurikulum Biologi kelas X menekankan konsep biodiversitas yang meliputi keanekaragaman gen, spesies, dan ekosistem di suatu daerah.

Penelitian keanekaragaman dan kelimpahan makrofauna tanah dapat dijadikan contoh konkret keanekaragaman tingkat spesies dalam ekosistem lahan pertanian. Misalnya, data indeks *Shannon wiener* dari makrofauna kailan dapat mengilustrasikan materi indeks keragaman di kelas X, sehingga siswa memahami penerapan teori keanekaragaman dalam konteks nyata. Temuan penelitian ini menggunakan konsep bahwa ekosistem yang kompleks (dengan keanekaragaman tinggi) cenderung lebih stabil, seperti dijelaskan oleh Brunn *et al.* (2024) bahwa

keanekaragaman ekologis berhubungan dengan peningkatan fungsi dan resiliensi ekosistem

Studi ini dilakukan oleh Gusti Ayu Rai *et al.* (2020) di lahan budidaya kentang organik di Desa Candikuning, Kabupaten Tabanan, Bali. Mereka menggunakan metode observasi langsung dengan bantuan alat kuadrat. Keanekaragaman makrofauna tanah dalam data yang dikumpulkan kemudian dianalisis dengan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Hasilnya menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman (H') sebesar 3,103 dan termasuk dalam kategori keanekaragaman tinggi ($H' > 3$). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik dan biopestisida dalam pengelolaan lahan membantu menjaga kestabilan ekosistem tanah. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan ajar biologi, terutama ketika menggunakan Kurikulum Merdeka untuk materi Keanekaragaman Hayati di kelas X SMA/MA Fase E. Secara serupa, penelitian kali ini memberikan konteks lokal yaitu kebun kailan Ciwaruga, sehingga materi pembelajaran dapat disajikan lewat contoh lokal. Siswa dapat diajak mengamati makrofauna tanah (contoh hewan tanah seperti cacing, semut) dalam bentuk proyek lapangan kecil, yang mengaitkan biologi dengan ekologi lingkungan.

Selain itu, penelitian ini menyentuh konsep “Indikator Biologis Kualitas Lingkungan” yang relevan dalam pembelajaran ekosistem. Peran makrofauna sebagai bioindikator dapat dikaitkan dengan topik biotik-abiotik dan ketergantungan makhluk hidup pada habitatnya. Dengan begitu, siswa mendapatkan pemahaman bahwa perubahan di ekosistem dapat terlihat melalui perubahan keanekaragaman dan kelimpahan organisme, sesuai dengan teori bahwa makhluk hidup mencerminkan kesehatan lingkungan. Oleh karena itu, hasil penelitian tentang makrofauna tanah di perkebunan kailan memberi landasan empiris bagi konsep pembelajaran Biologi SMA, menghubungkan teori dengan aplikasi lapangan.

F. Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
1.	Identifikasi dan Keanekaragaman Makrofauna Tanah di Perkebunan Jeruk Siam (<i>Citrus nobilis</i>) di Kecamatan Bayongbong, Garut	Swardana <i>et al.</i>	2023	Desa Mekarsari, Kecamatan Bayongbong, Garut	Hand sorting	Ditemukan 6 ordo makrofauna tanah: Hymenoptera, Haplotaxida, Orthoptera, Araneae, Coleoptera, dan Sytromotophora. Indeks keanekaragaman sebesar 1,196 (kategori sedang).
2.	Keanekaragaman Jenis Makrofauna Tanah pada Lahan Budidaya Kentang Organik di Desa Candikuning Kabupaten Tabanan Sebagai Sumber Pembelajaran Biologi	Gusti Ayu Rai <i>et al</i>	2020	Desa Candikuning, Kabupaten Tabanan	Observasi langsung dengan alat kuadrat	Indeks keanekaragaman (H') sebesar 3,103, tergolong dalam kriteria keanekaragaman yang tinggi ($H' > 3$).

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
3.	Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Lahan Agroforestri Kopi dan Perkebunan Kopi di Kawasan Lereng Gunung Ijen Kabupaten Bondowoso	Nurul Anas <i>et al.</i>	2020	Lereng Gunung Ijen, Kabupaten Bondowoso	Pitfall trap dan hand sorting	Pada lahan agroforestri kopi ditemukan 10 ordo, 15 famili, dan 16 genus dengan 173 individu. Indeks keanekaragaman (H') berkisar antara 1,71 – 2,67 (kategori sedang). Pada perkebunan kopi ditemukan 10 ordo, 15 famili, dan 15 genus dengan 126 individu. Indeks keanekaragaman (H') berkisar antara 0,82 – 2,67 (kategori rendah hingga sedang).
4.	Keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan tanaman padi dengan sistem rotasi dan monokultur di	Vidya, A.O	2020	Pertanian Padi Desa Banyudono, Boyolali	Pitfall trap dan hand sorting	Ditemukan 7 spesies yang terbagi dalam empat Phylum yaitu Annelida, Arthropoda, Chordata dan

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
	Desa Banyudono, Boyolali					Molusca. Spesies yang paling banyak ditemukan adalah phylum Annelida. Indeks keanekaragaman makrofauna dalam tanah tertinggi adalah pada lahan tanaman padi monokultur umur 80 hari (0,66).
5.	Keanekaragaman dan Kelimpahan Semut sebagai Predator Hama Tanaman di Lahan sawi Organik dan Anorganik Kecamatan Karangnom Kabupaten Klaten	Adhi <i>et.al</i>	2017	Lahan sawi organik dan anorganik Kecamatan Karangnom Kabupaten Klaten	pit fall trap	Keanekaragaman dan kelimpahan di lahan organik (0,73-1,65), anorganik ((berkisar antara (0-1,28) keduanya menunjukkan nilai dikategori sedang. Spesies semut yang ditemukan <i>Dinoponera gigantea</i> ,

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
						<i>Dolichoderus thoracicus</i> , dan <i>Solenopsis geminata</i>

Penelitian makrofauna tanah di Perkebunan jeruk siam (*Citrus nobilis*) di Kecamatan Bayongbong Garut swardana *et al.* (2023) Kondisi lingkungan sekitar suatu lokasi memengaruhi keanekaragaman organisme tanah, seperti makrofauna tanah. Budidaya yang tidak ramah lingkungan dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem, terutama dapat mengurangi keberadaan makrofauna tanah. Tujuan dari studi ini adalah untuk menemukan dan menghitung indeks keanekaragaman makrofauna tanah di perkebunan jeruk siam. Makrofauna tanah yang ditemukan di Desa Mekarsari di Kecamatan Bayongbong terbagi menjadi enam ordo: Hymenoptera, Haplotaxida, Orthoptera, Araneae, Coleoptera, dan Sytromotophora. Hasil perhitungan menghasilkan 1,196 indeks keanekaragaman makrofauna tanah di lokasi penelitian dengan kategori sedang.

Keanekaragaman Jenis Makrofauna Tanah pada Lahan Budidaya Kentang Organik di Desa Candikuning Kabupaten Tabanan Sebagai Sumber Pembelajaran Biologi, Gusti Ayu Rai *et.al*, (2020) menyebutkan Makrofauna tanah mempunyai peranan penting dalam dekomposisi bahan organik tanah dalam penyediaan unsur hara. Makrofauna akan remah-remah substansi nabati yang mati, kemudian bahan tersebut akan dikeluarkan dalam bentuk kotoran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman jenis makrofauna tanah pada lahan budidaya kentang organik di Desa Candi Kuning Kabupaten Tabanan. Data dikumpulkan dengan metode observasi secara langsung dengan menggunakan alat kuadrat. Data berupa keanekaragaman makrofauna tanah dianalisis dengan indeks keanekaragaman *Shannon Wiener*. Berdasarkan hasil analisis data, didapatkan nilai indeks keanekaragaman (H') sebesar 3,103, tergolong ke dalam kriteria keanekaragaman yang tinggi ($H' > 3$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pertanian organik

dapat menjaga kestabilan ekosistem tanah karena penggunaan pupuk organik dan biopestisida dalam pengelolaan pertanian. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan salah satu sumber pembelajaran biologi dalam penerapan kurikulum 2013 pada kelas X SMA/MA, pada materi pokok Keanekaragaman Hayati dan Kingdom Animalia.

Dalam penelitian yang berjudul Keanekaragaman Jenis Makrofauna Tanah pada Lahan Budidaya Kentang Organik di Desa Candikuning, Kabupaten Tabanan sebagai Sumber Pembelajaran Biologi, Gusti Ayu Rai *et al.*, (2020) menjelaskan bahwa makrofauna tanah berperan penting dalam proses penguraian bahan organik, yang secara langsung mendukung ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Organisme ini membantu memecah sisa-sisa tumbuhan mati menjadi partikel kecil, yang kemudian dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk kotoran. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan budidaya kentang organik di Desa Candikuning, Kabupaten Tabanan. Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan menggunakan alat kuadrat. Selanjutnya, keanekaragaman makrofauna tanah dianalisis menggunakan indeks Shannon Wiener. Dari hasil analisis, diperoleh indeks keanekaragaman (H') sebesar 3,103, yang tergolong dalam kategori keanekaragaman tinggi ($H' > 3$). Temuan ini menunjukkan bahwa praktik pertanian organik mampu menjaga kestabilan ekosistem tanah, terutama melalui penggunaan pupuk organik dan biopestisida. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber materi ajar untuk mata pelajaran Biologi, khususnya dalam penerapan Kurikulum 2013 di kelas X SMA/MA pada materi Keanekaragaman Hayati dan Kingdom Animalia.

Penelitian berjudul Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Lahan Agroforestri Kopi dan Perkebunan Kopi di Kawasan Lereng Gunung Ijen, Kabupaten Bondowoso oleh Nurul Anas, (2020), mengkaji tingkat kelimpahan serta keanekaragaman makrofauna tanah di wilayah tersebut. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2019 di dua tipe lahan, yakni agroforestri kopi dan perkebunan kopi di kawasan lereng Gunung Ijen, Kabupaten Bondowoso. Proses identifikasi sampel dilakukan di Laboratorium Biologi, Universitas Muhammadiyah Malang. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, dengan teknik

pengambilan data berupa metode *Pitfall Trap* dan *Hand Sorting*. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman, indeks kemerataan, serta Indeks Nilai Penting (INP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa di lahan agroforestri kopi ditemukan 10 ordo, 15 famili, dan 16 genus, dengan total individu sebanyak 173. Sementara itu, di lahan perkebunan kopi ditemukan 10 ordo, 15 famili, dan 15 genus, dengan jumlah individu sebanyak 126. Indeks keanekaragaman (H') makrofauna tanah di agroforestri kopi pada stasiun 1, 2, dan 3 berkisar antara 1,71 hingga 2,67, yang termasuk dalam kategori sedang. Di lahan perkebunan kopi, stasiun 1 dan 2 juga menunjukkan indeks keanekaragaman sedang, sedangkan di stasiun 3, indeks keanekaragaman lebih rendah dengan nilai H' sebesar 0,82. Kelimpahan makrofauna tanah pada lahan agroforestri kopi tercatat sebesar 0,172, sementara pada lahan perkebunan kopi hanya sebesar 0,064.

Penelitian yang dilakukan oleh Vidya (2020) di Desa Banyudono, Boyolali, berfokus pada keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan tanaman padi dengan sistem rotasi dan monokultur. Menggunakan metode *pitfall trap* dan *hand sorting*, penelitian ini menemukan tujuh spesies makrofauna yang terbagi dalam empat filum, yaitu Annelida, Arthropoda, Chordata, dan Mollusca. Hasilnya menunjukkan bahwa filum Annelida merupakan kelompok yang paling mendominasi. Menariknya, indeks keanekaragaman tertinggi tercatat pada lahan padi monokultur berumur 80 hari dengan nilai 0,66, yang menunjukkan adanya pengaruh sistem tanam terhadap distribusi makrofauna dalam tanah.

Sementara itu, penelitian oleh Adhi dan rekan-rekannya (2017) mengeksplorasi keanekaragaman serta kelimpahan semut sebagai predator hama pada lahan sawi organik dan anorganik di Kecamatan Karangom, Kabupaten Klaten. Dengan metode *pitfall trap*, penelitian ini menemukan bahwa baik lahan organik maupun anorganik memiliki indeks keanekaragaman yang masuk dalam kategori sedang, yaitu berkisar antara 0,73–1,65 pada lahan organik dan 0–1,28 pada lahan anorganik. Beberapa spesies semut yang teridentifikasi antara lain *Dinoponera gigantea*, *Dolichoderus thoracicus*, dan *Solenopsis geminata*, yang berperan penting sebagai pengendali alami populasi hama di ekosistem pertanian. Faktor fisik lingkungan yaitu kelembaban tanah dan udara, suhu tanah dan udara yang tinggi meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan semut di ekosistem

sawah. Faktor lingkungan pH tanah yang sesuai dengan pertumbuhan Arthropoda tanah yaitu netral atau sedikit asam. Faktor kimia lingkungan yaitu kandungan bahan organik, kandungan Nitrogen (N), kandungan C-organik, dan kandungan P total yang tinggi meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan semut

G. Kerangka Pemikiran

Di perkebunan kailan di Ciwaruga, Lembang, penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan masih menjadi praktik umum. Sayangnya, hal ini bisa berdampak buruk pada keanekaragaman dan kelimpahan makrofauna tanah padahal, mereka berperan penting dalam menjaga kesehatan dan kesuburan tanah. Banyak petani yang belum menyadari bahwa keberadaan makrofauna tanah bukanlah sekadar hama, melainkan indikator alami kualitas tanah yang sehat dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis makrofauna tanah yang ada di lahan pertanian kailan serta mengukur kelimpahannya. Dengan pendekatan kuantitatif deskriptif, penelitian ini menggunakan Indeks *Shannon Wiener* untuk menilai keanekaragaman hayati serta menghitung kelimpahan spesies yang ditemukan. Selain itu, kami juga menganalisis hubungan antara faktor lingkungan seperti seperti intensitas cahaya, suhu tanah, kelembaban tanah, dan pH tanah, dengan keberadaan makrofauna tanah melalui uji korelasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi para petani mengenai peran penting makrofauna dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah. Dengan pemahaman yang lebih baik, diharapkan praktik pertanian di kawasan ini bisa lebih berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada bahan kimia, dan mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan.

