Jurnal Esabi (Jurnal Edukasi dan Sains Biologi)
Vol 6(2) 2024: 93 – 101
ISSN 2620-584X

Observasi perilaku cacing tanah *Methapire* sp. sebagai upaya awal domestikasi

Sabrina Salma Salsabila [1]; Ilsa Kurnia Rizkiyani [2]; Afinda Dea Ramadhani [3];
Muh Rayhan Gunawan [4]; Minhatul Husna [5]; Adieba Warda Hayya [6,*]
Tadris Biologi, Institut Agama Islam Negeri Kudus, Kudus, Indonesia
[1] sabrinasalma541@gmail.com; [2] ilsak2080@gmail.com;
[3] afindadearahmadani@gmail.com; [4] muhrayhang09@gmail.com;
[5] husnaminhatul@gmail.com; [6] adiebawarda@iainkudus.ac.id
* Penulis koresponden

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel
Dikirim
15 September 2024
Revisi
18 November 2024
Diterima
20 Desember 2024

Kata kunci
Cacing tanah (*Metaphire* sp.)
Perilaku harian
Domestikasi
Kesuburan tanah

ABSTRAK

Cacing tanah *Metaphire sp.* memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas tanah dengan menggali dan mengolah bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku harian cacing tanah *Metaphire sp.* sebagai langkah awal untuk keperluan domestikasi. Penelitian dilakukan dengan cara observasi selama 7 hari di Pondok Pesantren an-Nasuchiyyah, pada jam 06.00, 12.00, 16.00, dan 23.00 setiap harinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacing tanah *Metaphire sp.* lebih aktif pada malam hari untuk mencari makan di permukaan tanah dan menggali. Pada siang hari, cacing cenderung beristirahat di bawah tanah untuk menghindari cahaya dan menjaga kelembapan tubuh. Aktivitas menggali dan makan ini membantu meningkatkan kualitas tanah. Perilaku ini menunjukkan bahwa *Metaphire sp.* dapat beradaptasi dengan baik di lingkungan yang lembab dan kaya bahan organik, sehingga berpotensi untuk didomestikasi dalam pengelolaan tanah yang lebih baik.

Keywords:
Earthworms (Metaphire sp.*)*
Daily behavior
Domestication
Soil fertility

ABSTRACT

Earthworms (Metaphire sp.) have an important role in improving soil quality by digging and processing organic matter. This study aims to determine the daily behavior of earthworms (Metaphire sp.) as a first step for domestication purposes. The research was conducted by observation for 7 days at an-Nasuchiyyah Islamic Boarding School at 06.00, 12.00, 16.00, and 23.00 every day. The results showed that earthworms (Metaphire sp.) are more active at night to forage on the soil surface and dig. During the day, the worms tend to rest underground to avoid light and maintain body moisture. These burrowing and feeding activities help improve soil quality. This behavior suggests that Metaphire sp. can adapt well to moist and organic matter-rich environments and thus has the potential to be domesticated for better soil management.

Pendahuluan

Cacing tanah dikenal sebagai "insinyur ekosistem" karena berperan dalam meningkatkan kesehatan tanah, siklus karbon dan nitrogen melalui interaksi dengan mikroorganisme tanah. Aktivitas enzim mikroba yang dibantu oleh cacing tanah juga berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas lahan pertanian (Li *et al*., 2023). Cacing tanah dapat juga mempengaruhi berbagai proses tanah, seperti dekomposisi materi organik, peningkatan struktur tanah, serta siklus nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Cacing tanah menghasilkan gundukan ekskresi atau casts, yang kaya akan nutrisi dan membantu meningkatkan ketersediaan mineral bagi tanaman (Lordache, 2023).

Cacing tanah dapat digunakan untuk memperbaiki kesuburan tanah dengan mempengaruhi populasi mikroba dan siklus nutrisi melalui dekomposisi bahan organik. Selain itu, aktivitas mereka mengurangi biomassa mikroba, khususnya jamur, dan berperan dalam peningkatan kualitas tanah dalam sistem pertanian berkelanjutan (Ahmed & Al-Mutairi, 2022).

Cacing tanah memiliki perilaku utama berupa menggali dan membuat terowongan di dalam tanah. Aktivitas ini dilakukan untuk mencari makanan berupa bahan organik, seperti daun yang membusuk dan sisa-sisa tanaman. Proses menggali ini tidak hanya membantu cacing tanah dalam mencari makanan, tetapi juga berperan dalam memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan aerasi dan drainase, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman (Edwards & Bohlen, 1996).

Cacing tanah dikenal sebagai detritivora, di mana mereka mengonsumsi bahan organik dan mikroorganisme yang menempel pada bahan tersebut. Selama proses pencernaan, cacing tanah mencampurkan bahan organik dengan mineral tanah, menghasilkan kotoran yang disebut kascing. Kascing ini kaya akan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang sangat bermanfaat dalam meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Bardgett & Whittaker, 2012). Selain itu, cacing tanah juga memiliki perilaku yang sangat sensitif terhadap lingkungan, termasuk kelembapan dan suhu tanah, yang mempengaruhi aktivitas menggali dan makan mereka (Zhang *et al*., 2016).

Populasi cacing tanah yang ada di penjuru dunia kira-kira terdapat 1800 spesies, dan beberapa spesies digunakan untuk keperluan pengelolaan limbah padat maupun untuk pakan ternak karena kandungan proteinnya yang tinggi. Spesies tersebut di antaranya *Eisenia feotida, Lumbricus rubellus, Perionix excavatus, Pheretima asiatica, Allolobophora* (Yulipriyanto, 1993).

Cacing tanah *Metaphire sp.*, yang banyak ditemukan di kawasan tropis seperti Indonesia, dikenal karena kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan lembab. Cacing ini menggali terowongan untuk mencari makanan dan menjaga kelembapan tubuh. Sebagai detritivora, *Metaphire sp.* mengonsumsi bahan organik terdegradasi dan menghasilkan kascing kaya nutrisi yang mendukung kesuburan tanah (Edwards & Bohlen, 1996; Zhang *et al*., 2016).

Spesies Cacing tanah *Metaphire sp.*, ini hidup di lingkungan dengan kelembapan tinggi dan kaya bahan organik (Smith & Edwards, 2019) serta beradaptasi dengan kondisi ekstrem, seperti musim kemarau, dengan bersembunyi di terowongan untuk mempertahankan kelembapan tubuh. Penelitian tentang perilaku mereka pada masa awal domestikasi penting untuk memahami dampak domestikasi terhadap pengelolaan tanah pertanian dan mendukung pertanian ramah lingkungan (Regulska *et al*., 2024; Bardgett & Whittaker, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku harian yang dilakukan oleh cacing tanah *Metaphire sp.* Pada tingkat individu sebagai langkah awal masa domestikasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi tentang perilaku harian yang dilakukan oleh cacing tanah *Metaphire sp.*

Metode

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode observasi, yang bertujuan untuk mengetahui perilaku cacing tanah, terutama pada tahap awal domestikasi melalui pengamatan langsung. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 16 November sampai 23 November 2024, yang bertempat di Pondok Pesantren an-Nasuchiyyah.

Alat yang digunakan untuk penelitian ini meliputi terarium kaca berukuran 60 cm x 30 cm x 1 cm (Gambar 1.a), keranjang berukuran 56 cm x 37 cm x 17 cm (Gambar 1.b), soil tester dan kamera. Bahan yang digunakan terdiri dari tanah dan kotoran sapi yang telah dikeringkan, air dan cacing tanah *Metaphire sp.*

a

b

Gambar 1. Peralatan penelitian: a. Terarium, b. Keranjang

Langkah kerja dalam yang dilakukan dalam pengamatan sebagai berikut :

1. Pemeliharaan dan Persiapan Stok Cacing.

Cacing tanah *Metaphire sp.* dikumpulkan dan dipelihara dalam keranjang plastik yang berisi media campuran tanah dan kotoran sapi kering. Kotoran sapi digunakan sebagai pakan utama selama penelitian karena dianggap sebagai sumber pakan yang seragam bagi cacing. Jenis tanah yang digunakan yaitu latosol yang berwarna coklat kemerahan dan memiliki tekstur halus. Cacing yang digunakan ukurannya ada yang besar maupun sedang, atau yang sudah memiliki klitelum.

2. Pengamatan Di Atas Permukaan Tanah

Media yang digunakan terdiri dari tanah, pakan (kotoran sapi), dan air yang di campur secara merata dan dimasukkan ke dalam keranjang plastik yang berukuran 56 cm x 37 cm x 17 cm dengan kedalaman media 10-15 cm. Keranjang ditutupi oleh terpal sehingga tidak terpapar oleh cahaya dan kelembapannya tetap terjaga.

Lingkungan di dalam kandang disesuaikan dengan lingkungan aslinya, seperti adanya batu. Suhu dan kelembapannya juga disesuaikan dengan habitat asli, yaitu 15-25 °C, dengan pH tanah 6,0 - 7,2. Pengamatan dilakukan 4 kali sehari, pada setiap jam 06.00, 12.00, 16.00, dan 23.00 selama 30 menit selama 7 hari.

3. Pengamatan Di Dalam Tanah

Media yang digunakan dalam pengamatan ini sama seperti media yang digunakan pada pengamatan di atas permukaan tanah yang terdiri dari tanah, kotoran sapi (pakan) dan air yang di campur. Hanya saja tempatnya yang berbeda yaitu ditempatkan pada terarium kaca, karena untuk mempermudah pengamatan terhadap perilaku cacing yang aktivitasnya sering tersembunyi di bawah lapisan tanah. Pengamatan dilakukan 4 kali sehari, pada setiap jam 06.00, 12.00, 16.00, dan 23.00 selama 30 menit selama 7 hari.

Media yang digunakan di dalam tetarium yaitu terdiri atas campuran tanah dengan pakan yang berupa kotoran sapi, dan air. Setelah semua bahan tercampur dengan merata, media dimasukkan secara merata ke dalam terarium. Empat cacing tanah *Metaphire sp.* kemudian ditempatkan di dalam terarium melalui permukaan tanah bagian atas. Terarium kaca diposisikan secara vertikal dan ditempatkan di lingkungan gelap atau ditutup dengan kain hitam basah untuk mencegah paparan cahaya langsung serta menjaga kelembapan media. Selama pengamatan, panjang lorong galian baru dan lorong yang digunakan kembali oleh cacing tanah *Metaphire sp.* dicatat. Posisi cacing ditandai menggunakan plastik bening dan diberi penanda dengan spidol warna berbeda untuk setiap jalur pergerakan. Jalur lorong yang digunakan kembali diidentifikasi dengan mengamati pola pergerakan dari posisi awal hingga posisi akhir.

4. Analisis Data

Perilaku harian pada cacing tanah *Metaphire sp.* baik di dalam tanah maupun di permukaan tanah diamati dan dicatat. Parameter lain yang diamati adalah perilaku cacing di dalam tanah yaitu perilaku istirahat, makan, buang kotoran, menghindari cahaya, menggali, menjelajah dan aktivitas lainnya. Sedangkan pola jalur galian, diamati dengan membuat sketsa berdasarkan pergerakan cacing dari hari ke-1 hingga hari ke-7.

Hasil dan pembahasan

Perilaku Harian Cacing Tanah *Metaphire sp.* selama 24 jam pengamatan dengan 4 waktu pengamatan (06.00, 12.00, 18.00, dan 23.00), aktivitas cacing *Metaphire sp.* di dalam tanah yang teramati meliputi perilaku istirahat (diam), menjelajah, menghindari cahaya, makan, dan pergerakan. Beberapa aktivitas di atas permukaan tanah juga teramati yaitu perilaku makan, menghindari cahaya dan buang kotoran.

Pada pengamatan cacing *Metaphire sp*. di dalam terarium kaca, ditemukan beberapa pola aktivitas yang teratur. Pada jam pengamatan pukul 06.00 dan 12.00, cacing menunjukkan perilaku yang sama, yaitu melakukan semua aktivitas kecuali makan dan membuang kotoran. Sementara itu, perilaku makan hanya terlihat pada pukul 18.00 dan 23.00.

Perilaku yang terjadi di permukaan tanah hanya ada tiga jenis, yaitu makan, buang kotoran, dan menghindari cahaya. Perilaku-perilaku ini lebih banyak terlihat pada malam hari. Cacing tanah cenderung muncul ke permukaan tanah pada malam hari, meskipun sering kali hanya sebagian tubuhnya yang terlihat, seperti hanya klitelumnya (bagian tubuh tengah) yang muncul, sementara bagian ekornya tetap berada di dalam tanah.

Perilaku Istirahat (Diam). Cacing tanah digolongkan dalam kondisi istirahat ketika tidak melakukan pergerakan apa pun. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa cacing lebih banyak beristirahat pada pagi dan siang hari. Sebaliknya, pada malam hari, cacing mulai aktif dan menunjukkan berbagai aktivitas. Selama pengamatan 30 menit, cacing tanah *Metaphire sp*. menunjukkan perilaku istirahat selama minimal 3 menit dan maksimal 20 menit dalam setiap periode 30 menit tersebut.

Perilaku Makan. Pada malam hari, cacing tanah *Metaphire sp.* lebih aktif di permukaan tanah untuk mencari makan. Cacing ini memiliki mulut yang terletak di bagian depan tubuhnya, yang terlihat saat mereka memasukkan material ke dalam prostomiumnya, dan posisi mulut mereka seperti sedang mengunyah. Cacing tanah *Metaphire sp*. lebih aktif makan pada malam hari, dimulai sejak awal malam. Pada pagi dan siang hari, perilaku makan jarang terlihat, dan cacing lebih banyak berada di dalam tanah. Bahkan, cacing jarang muncul ke permukaan untuk makan pada waktu tersebut.

Selama 30 menit pengamatan, aktivitas makan sering berlangsung sepanjang malam, meskipun kadang diselingi dengan aktivitas lain di waktu lain. Cacing ini, yang aktif di malam hari (nokturnal), kemungkinan mencari makanan di serasah lapuk di permukaan tanah. *Metaphire sp*. yang termasuk cacing tipe anecic juga makan di permukaan tanah, meskipun ada juga yang makan di dalam tanah.

Pada awal malam (sekitar pukul 18.00), cacing ini mulai naik ke lorong galian dan mencapai bagian atas tanah di terarium. Mereka juga muncul ke permukaan tanah dengan menghisap tanah, menunjukkan bahwa mereka aktif mencari makanan pada malam hari.

Menghindari Cahaya. Cacing tanah sensitif terhadap cahaya, sentuhan dan gerakan, karena memiliki sel-sel fotosensitif yang tersebar di seluruh permukaan tubuhnya sehingga sangat peka terhadap cahaya. Cacing yang berada di dalam tanah lebih banyak terlihat pada waktu terang sekitar jam 06.00 dan 12.00. Masuknya cahaya dapat menentukan perilaku cacing tanah untuk menghindari cahaya. Cacing tanah cenderung menghindari cahaya dan lebih suka berada di tanah yang cukup tebal atau padat, karena semakin tebal tanah, semakin sedikit cahaya yang bisa masuk, menciptakan lingkungan yang lebih aman dan nyaman bagi cacing.

Perilaku cacing tanah yang menghindari cahaya merupakan cara mereka merespons cahaya dari luar. Menghindari cahaya di siang hari membantu cacing tanah melindungi diri dari bahaya. Perilaku ini lebih sering terlihat pada pagi atau siang hari dalam terarium kaca, dan cenderung berkurang pada malam hari. Cahaya di siang hari biasanya datang dari celah-celah ruangan, sementara di malam hari berasal dari lampu pengamatan.

Cacing tanah menghindari cahaya dengan cara-cara seperti bergerak menjauh dari sumber cahaya, berjalan cepat ketika terpapar cahaya tiba-tiba, atau bersembunyi di tempat yang gelap. Bagian kepala dekat klitelum sering kali terlihat bersembunyi di

tempat gelap atau tertutup tanah. Cacing tanah juga bisa menutupi tubuhnya dengan tanah supaya tidak terlihat. Ketika berada di permukaan tanah, cacing tanah akan langsung masuk ke dalam tanah dengan cepat dan hanya akan muncul sejenak sebelum kembali bersembunyi.

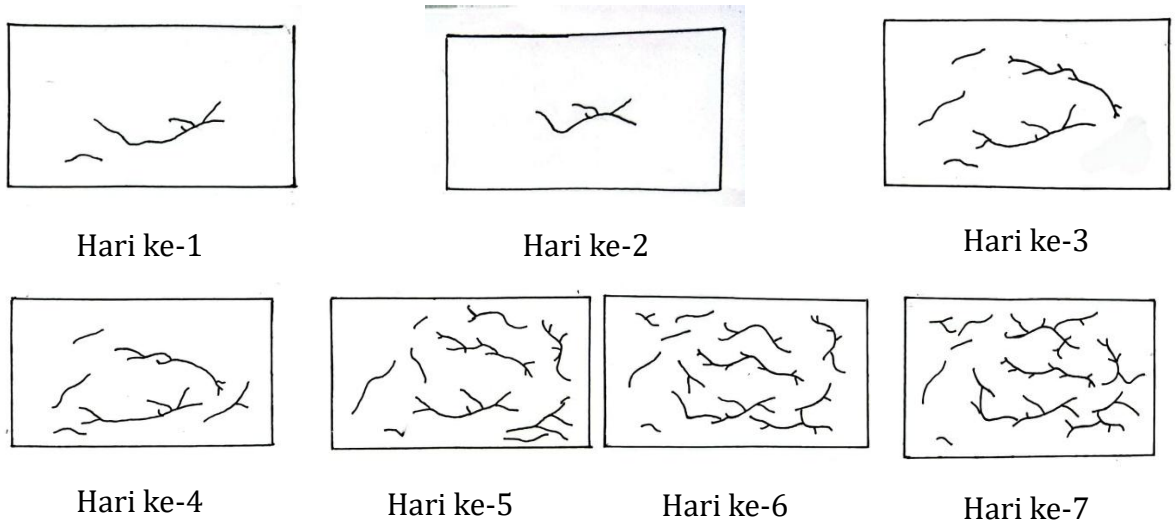
Buang Kotoran. Kotoran cacing tanah disebut dengan kascing. Pada kotoran cacing tanah *Metaphire sp.* ukurannya lebih besar dibanding dengan kotoran cacing tanah lainnya. Cacing *Metaphire sp.* memiliki ekologi tipe anecic yaitu yang meninggalkan kotorannya di permukaan tanah dan juga tinggal pada kedalaman 10 – 20 cm dari permukaan tanah.

Aktivitas buang kotoran pada cacing tanah dapat terlihat pada bagian ekornya yang muncul ke permukaan tanah dan mengeluarkan kotoran atau kotorannya akan muncul ke atas permukaan tanah secara cepat maupun pelan – pelan. Apabila cacing tanah tidak terlihat di permukaan pada saat buang kotoran, dapat terlihat adanya gundukan basah. Perilaku cacing tanah *Metaphire sp*. saat buang kotoran, terlihat pada permukaan tanah. Pengamatan pada jam 06.00 tidak terlihat cacing tanah *Metaphire sp.* membuat kotoran (Gambar 2).

Gambar 2. Kotoran cacing tanah *Metaphire sp*

Pergerakan, Menggali, dan Menjelajah. Cacing tanah melakukan berbagai aktivitas seperti bergerak, menggali, dan menjelajah di dalam tanah. Aktivitas menggali membantu membuat tanah lebih gembur. Selain menggali, cacing seperti *Metaphire sp.* juga sering berpindah-pindah di bawah tanah, mengikuti jalur yang sudah ada atau membuat jalur baru. Kadang-kadang, cacing berbalik arah, naik-turun, atau bergerak maju mundur seolah-olah sedang mencari jalan. Aktivitas ini lebih sering terjadi di malam hari.

Cacing tanah juga banyak bergerak di bawah tanah. Mereka bisa berjalan mengikuti jalur yang ada atau hanya menggerakkan tubuhnya tanpa berpindah tempat, seperti maju mundur, menoleh, atau membengkokkan tubuh. Terkadang, cacing melakukan aktivitas di dalam tanah tanpa meninggalkan jejak, sehingga sulit dilihat. Sebagian besar waktu, cacing menghabiskannya di dalam tanah, terutama pada malam hari. Aktivitas menggali juga terus berlangsung sepanjang hari.



Gambar 3. Sketsa galian cacing tanah *Metaphire sp.*

Aktivitas Harian Cacing Tanah *Metaphire sp.* Aktivitas cacing tanah dapat dibagi menjadi dua periode, yaitu siang hari (waktu terang) dan malam hari (waktu gelap). Pada siang hari, perilaku utama cacing adalah istirahat, yang lebih sering terlihat di dalam tanah, sehingga sulit diamati di dalam terarium. Sedangkan pada malam hari, perilaku utama cacing adalah makan, yang lebih sering terlihat di permukaan tanah, sehingga lebih mudah diamati di dalam kandang.

Berdasarkan Gambar 3 Cacing *Metaphire sp.* menunjukkan pola aktivitas vertikal diurnal, artinya mereka cenderung lebih dekat ke permukaan tanah menjelang tengah malam dan bergerak ke lapisan tanah yang lebih dalam pada siang hari. Frekuensi aktivitas cacing juga berbeda antara siang dan malam hari.

Dalam penelitian ini, cacing tanah *Metaphire sp.* menunjukkan perilaku istirahat pada siang hari, berdiam di dalam tanah untuk menghindari stres lingkungan seperti kekeringan atau suhu ekstrem, yang dapat menyebabkan dehidrasi dan kerusakan tubuh (Lukashov *et al*., 2021). Selama periode siang, cacing tanah lebih banyak berdiam di dalam tanah (Edwards & Bohlen, 1996). Menurut Bouché (1977) cacing tanah beristirahat dan cenderung bersembunyi di dalam tanah untuk menghindari suhu dan cahaya yang tidak mendukung aktivitas mereka.

Pada malam hari, cacing tanah lebih aktif di permukaan karena kelembaban yang tinggi dan suhu yang lebih sejuk, yang membantu menghindari dehidrasi. Mereka keluar untuk mencari makanan dan pasangan, meskipun aktivitas ini meningkatkan risiko predasi. Thakur *et al*. (2017) mencatat bahwa cacing tanah lebih aktif di malam hari untuk memanfaatkan kondisi yang mendukung. Krauss *et al*. (2015) juga menunjukkan bahwa cacing tanah menghindari cahaya matahari, sedangkan Zhao *et al*. (2018) juga mencatat bahwa mereka beradaptasi dengan hanya muncul sebagian tubuhnya untuk mengurangi risiko predasi.

Pola aktivitas ini sejalan dengan penelitian Smith dan Edwards (2019), yang menunjukkan bahwa cacing tanah lebih aktif pada malam hari, terutama di lingkungan yang mengandung bahan organik. Keberadaan bahan organik ini mendukung aktivitas cacing tanah, termasuk konsumsi bahan organik dan dekomposisi material. Selain itu, perilaku menghindari cahaya yang terlihat pada siang hari merupakan respons adaptif cacing tanah terhadap ancaman lingkungan, seperti predator atau kondisi tanah yang tidak mendukung (Lordache, 2023).

Perbedaan perilaku antara waktu terang dan gelap juga mempertegas hasil penelitian Potvin dan Lilleskov (2017), yang menunjukkan bahwa perubahan suhu dan intensitas cahaya memengaruhi aktivitas harian cacing tanah. Pola ini memberikan wawasan tentang preferensi lingkungan spesies *Metaphire sp.* dan relevansi habitat alami terhadap keberhasilan domestikasi. Selain makan dan bergerak, cacing tanah *Metaphire sp.* juga berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah melalui aktivitas menggali. Aktivitas ini dapat meningkatkan aerasi tanah, memperbaiki retensi air, dan mengurangi erosi tanah (Ahmed & Al-Mutairi, 2022). Cacing tanah menggali lebih dalam selama musim kering untuk menghindari dehidrasi, sementara pada musim basah mereka menggali lebih dekat ke permukaan tanah (Stroud, 2019; Wang *et al*., 2021). Dengan demikian, cacing tanah *Metaphire sp.* berperan sebagai indikator kesehatan tanah dan mendukung siklus nutrisi melalui dekomposisi bahan organik.

Perbedaan bentuk kotoran yang dihasilkan cacing tanah juga menunjukkan adaptasi ekologis mereka (Jody *et.al*., 2014). Cacing tanah tipe epigeik menghasilkan kotoran berbentuk granular (Singh, 2018). Sementara tipe endogeik menghasilkan kotoran berbentuk globular (Debbarma & Chaudhuri, 2020). Bentuk kotoran ini dipengaruhi oleh jenis makanan yang dikonsumsi serta tekstur tanah habitat mereka (Purniasari *et al*., 2019).

Secara keseluruhan, cacing tanah *Metaphire sp.* menunjukkan perilaku adaptif yang mendukung keberhasilannya dalam ekosistem, baik di alam bebas maupun dalam domestikasi. Aktivitas makan dan menggali yang mereka lakukan pada malam hari dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan limbah dan meningkatkan kesuburan tanah secara alami, asalkan lingkungan domestikasi mereka optimal dengan kelembaban yang tinggi, suhu yang stabil, dan bahan organik yang cukup untuk dimakan.

Simpulan

Cacing tanah *Metaphire sp.* memiliki perilaku yang bisa beradaptasi dengan baik di lingkungan. Mereka beristirahat di dalam tanah saat siang hari dan aktif mencari makanan pada malam hari. Aktivitas menggali mereka membantu memperbaiki kualitas tanah, seperti meningkatkan aerasi dan kemampuan tanah untuk menahan air. Perbedaan bentuk kotoran juga menunjukkan adaptasi mereka terhadap jenis makanan dan tanah. Perilaku ini membuat cacing tanah *Metaphire sp.* berpotensi untuk didomestikasi, dengan syarat lingkungan yang cocok, seperti kelembaban tinggi, suhu stabil, dan bahan organik yang cukup, yang dapat mendukung peningkatan kesuburan tanah dan pengelolaan limbah alami.

Referensi

Ahmed, N., & Al-Mutairi, K. A. (2022). Earthworms Effect on Microbial Population and Soil Fertility as Well as Their Interaction with Agriculture Practices. *Sustainability*, *14*(13), 7803. https://doi.org/10.3390/su14137803

Bardgett, R. D., & Whittaker, J. B. (2012). *Soil animals and ecosystem processes*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2222-5

Bouché, M. B. (1977). Stratégie de la vie de vers de terre. In U. Lohm & T. Persson (Eds.), *Soil organisms and decomposition in terrestrial ecosystems* (pp. 122–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-9243-0_9

Debbarma, B., & Chaudhuri, P. (2020). Earthworm casting activity and their nutrient contribution to the soils of pasture, natural forest and rubber in Tripura India. *Uttar Pradesh Journal of Zoology, 41*(21), 11–22.

Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms*. Chapman & Hall.

Jody, R., Darmi, D., & Rizwar, R. (2024). Produksi kotoran cacing tanah dan hubungannya dengan kelimpahan cacing tanah pada ekosistem alami dan ekosistem buatan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi, 12*(1), 1–10. https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.11550

Krauss, J., et al. (2015). Earthworm behavior and their role in ecosystem processes and predator-prey interactions. *Soil Biology and Biochemistry, 91*, 232–241.

Li, X., Wu, K., Hao, S., Kang, L., Ma, J., Zhao, R., & Zhang, Y. (2023). Mapping of suitable habitats for earthworms in China. *Soil Biology and Biochemistry*, *184*, 109081. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109081

Lordache, M. (2023). The impact of light exposure on earthworm behavior: A review of phototaxis and adaptive responses in soil ecosystems. *Environmental Biology Reviews, 58*(2), 112–125. https://doi.org/10.1080/00045623.2023.1804652

Lukashov, V. A., et al. (2021). Earthworm behavior and adaptive responses to environmental stress. *Soil Biology and Biochemistry, 157*, 108227.

Potvin, C., & Lilleskov, E. A. (2017). Influence of light and temperature on the activity of earthworms. *Soil Biology and Biochemistry, 112*, 115–125.

Purniasari, B., Atmaja, I. W. D., & Soniari, N. N. (2019). Perbedaan karakteristik kotoran cacing tanah dari lahan sayuran organik dan konvensional di Kecamatan Baturiti. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika, 22*(1), 263–272.

Regulska, E., Affek, A. N., Kondras, M., Słowińska, S., Jonczak, J., Chojnacka, A., ... & Kruczkowska, B. (2024). Earthworm response to silver birch afforestation: Implications for soil biodiversity and ecosystem services. *Forest Ecology and Management*, *563*, 121971. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121971

Singh, J. (2018). Role of earthworm in sustainable agriculture. In C. M. Galanakis (Ed.), *Sustainable food systems from agriculture to industry: Improving production and processing* (pp. 83–122). Academic Press.

Smith, J. A., & Edwards, P. R. (2019). Behavioral patterns of earthworms: A study on the effects of environmental conditions on their activity rhythms. *Journal of Soil Biology, 45*(3), 214–229. https://doi.org/10.1016/j.jsoilbiol.2019.01.010

Stroud, J. D. (2019). Earthworms and soil health: Contributions to water retention and erosion control. *Soil and Tillage Research, 191*, 142–151.

Thakur, M. P., et al. (2017). Soil fauna and their role in the functioning of soil ecosystems. *Biology and Fertility of Soils, 53*(3), 313–323.

Wang, Y., Zhang, H., & Liu, Z. (2021). Earthworm burrowing behavior and its impact on soil structure and microbial communities. *Soil Ecology Letters, 3*(4), 157–166.

Yulipriyanto. (1993). Mengenal jenis-jenis cacing tanah asli Indonesia dan kemungkinan pemanfaatannya. *Cakrawala Pendidikan*, (1).

Zhao, J., et al. (2018). Earthworm-mediated ecosystem functions and their responses to land use and environmental changes. *Ecology and Evolution, 8*(3), 1655–1674.

Zhang, X., Wang, J., & Zhang, J. (2016). Earthworm activity and soil fertility. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16*(1), 1–12. https://doi.org/10.4067/S0718-95162016000100001