

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian Teori

1. Kelimpahan

Kelimpahan merupakan salah satu parameter penting dalam kajian ekologi yang menggambarkan jumlah individu suatu spesies dalam suatu area atau volume tertentu pada waktu tertentu. Ukuran kelimpahan digunakan untuk mengetahui tingkat dominansi suatu organisme dalam komunitas serta untuk memahami dinamika populasi dalam suatu ekosistem. Dalam kajian ekologi, kelimpahan umumnya dinyatakan sebagai jumlah individu per satuan luas atau volume, sehingga dapat digunakan untuk membandingkan keberadaan organisme pada kondisi lingkungan yang berbeda (Imaniar *et al.*, 2023). Sejalan dengan hal tersebut, penelitian oleh Aisyah *et al.* (2023) menyatakan bahwa kelimpahan organisme dapat mencerminkan tingkat kesesuaian habitat terhadap kebutuhan hidup organisme, sehingga sering digunakan sebagai indikator dalam menilai kondisi ekologis suatu lingkungan. Dengan demikian, analisis kelimpahan organisme dapat memberikan gambaran mengenai kondisi ekosistem serta hubungan organisme dengan faktor lingkungan.

Kelimpahan organisme dalam suatu habitat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan yang meliputi faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik seperti suhu, kelembapan, pH tanah, serta kandungan bahan organik memiliki peranan penting dalam menentukan kemampuan organisme untuk hidup, berkembang, dan beradaptasi dalam suatu ekosistem. Perubahan kondisi fisik dan kimia lingkungan dapat memengaruhi distribusi serta jumlah individu suatu spesies karena setiap organisme memiliki kisaran toleransi tertentu terhadap kondisi lingkungan tersebut (Negi *et al.*, 2025). Selain itu, studi oleh Zhang *et al.* (2019) menunjukkan bahwa perubahan parameter lingkungan tanah dapat menyebabkan fluktuasi kelimpahan organisme tanah secara signifikan, terutama pada ekosistem yang mengalami gangguan.

Selain faktor abiotik, faktor biotik seperti ketersediaan sumber makanan, interaksi antarorganisme, serta aktivitas mikroorganisme juga berperan dalam memengaruhi dinamika populasi organisme dalam suatu habitat. Interaksi antara organisme tanah dan mikroorganisme berkontribusi terhadap proses dekomposisi dan siklus nutrisi yang pada akhirnya memengaruhi ketersediaan sumber daya bagi organisme tersebut. Penelitian oleh Aspe dan Obusan (2023) menunjukkan bahwa variasi kondisi lingkungan tanah seperti pH, suhu, dan kelembapan dapat menyebabkan perbedaan tingkat kelimpahan organisme tanah karena faktor-faktor tersebut berpengaruh langsung terhadap aktivitas biologis dan proses metabolisme organisme tanah. Oleh karena itu, kelimpahan organisme tanah dapat digunakan sebagai indikator biologis yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

2. Cacing Tanah (*Pheretima*)

Cacing tanah merupakan salah satu komponen dalam makrofauna tanah yang memegang peranan penting dalam ekosistem tanah, khususnya dalam proses penguraian bahan organik, pergerakan nutrisi, dan pembentukan struktur tanah. Dalam perspektif ekologi tanah modern, organisme ini dikategorikan sebagai *ecosystem engineers* karena kemampuannya dalam memodifikasi struktur serta fungsi tanah melalui aktivitas biologisnya (Lestari *et al.*, 2025). Hal ini diperkuat oleh Imaniar *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa aktivitas bioturbasi cacing tanah mampu meningkatkan porositas, aerasi, serta stabilitas agregat tanah, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas fisik tanah. Selain itu, Akhila dan Entoori (2022) menegaskan bahwa proses fragmentasi bahan organik serta produksi casts oleh cacing tanah berperan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara, yang secara langsung berdampak pada kesuburan tanah. Perubahan komposisi maupun jumlah individu cacing tanah dapat mencerminkan adanya perubahan kondisi lingkungan tanah yang terjadi pada suatu ekosistem. Keberadaan cacing tanah sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti pH tanah, kelembapan tanah, dan suhu tanah. Oleh karena itu, variasi kelimpahan cacing tanah sering digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai kualitas dan kondisi suatu habitat. Gambar cacing tanah dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cacing Tanah
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

Cacing tanah juga dikenal memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan, terutama yang berkaitan dengan sifat fisik dan kimia tanah. Menurut Fatimah *et al.* (2024), perubahan penggunaan lahan, pencemaran, serta gangguan mekanis tanah dapat memengaruhi distribusi dan aktivitas cacing tanah secara signifikan. Sejalan dengan itu, Negi *et al.* (2025) menjelaskan bahwa setiap kelompok cacing tanah memiliki tingkat toleransi yang berbeda terhadap faktor lingkungan seperti pH, kelembapan, dan suhu tanah, sehingga respons yang ditunjukkan dapat mencerminkan kondisi habitat secara spesifik. Oleh karena itu, banyak peneliti memanfaatkan cacing tanah sebagai bioindikator biologis karena kemampuannya memberikan respon cepat terhadap perubahan lingkungan.

Secara taksonomi, cacing tanah termasuk dalam Filum Annelida, Kelas Clitellata, Subkelas Oligochaeta, Ordo Opisthopora, dan Famili Megascolecidae. Dalam famili ini, salah satu genus yang dominan di kawasan Asia tropis adalah *Pheretima*, yang berfungsi sebagai detritivor utama dalam siklus nutrisi tanah melalui fragmentasi serasah dan melakukan bioturbasi (Nisa *et al.*, 2020). *Pheretima* biasanya berperan aktif dalam pembentukan agregat tanah serta penyebaran bahan organik melalui bioturbasi, yang memengaruhi dinamika struktur tanah dan ketersediaan nutrisi. Studi yang dilakukan di daerah agroforestri kopi di Bangelan, Jawa Timur menunjukkan bahwa jumlah cacing tanah, termasuk spesies dari kelompok *Pheretima*, memiliki peranan yang penting dalam memperbaiki kualitas fisik tanah, seperti porositas dan aerasi (Lestari *et al.*, 2025). Hal ini berkaitan langsung dengan kelimpahan cacing tanah yang terdapat pada berbagai lapisan tanah (Fatimah *et al.*, 2024). Selain itu, dalam berbagai komunitas cacing tanah yang ada di hutan tropis Indonesia, *Pheretima* termasuk salah satu

genus paling banyak ditemukan bersama spesies lain dalam hubungan antara keragaman cacing tanah dan karakteristik fisik serta kimia tanah (Minarsih *et al.*, 2021). Hasil penemuan ini menunjukkan bahwa *Pheretima* tidak hanya tersebar luas di berbagai jenis tanah di Indonesia, tetapi juga memiliki peran penting dalam pembentukan agregat tanah serta pengelolaan nutrisi melalui aktivitas bioturbasi, sehingga genus ini relevan digunakan dalam studi yang menganalisis hubungan antara kelimpahan organisme tanah dengan kondisi fisik dan kimia tanah seperti pH, kelembapan, dan suhu.

Secara ekologis, cacing tanah terbagi menjadi tiga kelompok fungsional utama, yaitu epigeik, endogeik, dan anekik, yang masing-masing memiliki karakteristik habitat dan peran ekologis yang berbeda. Bhagat *et al.* (2025) menjelaskan bahwa kelompok epigeik hidup di lapisan serasah, kelompok endogeik berada pada lapisan tanah mineral, sedangkan kelompok anekik membentuk liang vertikal yang dalam. Perbedaan karakteristik ini menyebabkan masing-masing kelompok memiliki respons yang berbeda terhadap kondisi lingkungan. Negi *et al.* (2025) menambahkan bahwa kelembapan dan struktur tanah memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap kelompok endogeik dan anekik karena keduanya bergantung pada kestabilan agregat tanah dan kandungan air tanah. Dalam konteks penelitian ini, genus *Pheretima* umumnya termasuk dalam kelompok endogeik, sehingga kelimpahannya sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah.

Genus *Pheretima* yang umum dijumpai di area tropis biasanya tergolong dalam kategori endogeik, dengan kegiatan utamanya terfokus pada lapisan tanah mineral dan memiliki peran penting dalam pembentukan agregat tanah serta redistribusi materi organik. Ciri-ciri ini membuat populasi *Pheretima* sangat tergantung pada kondisi fisik-kimia tanah, terutama kelembapan dan pH yang berpengaruh pada aktivitas makan dan reproduksi (Aspe & Obusan, 2023). Oleh karena itu, variasi jumlah genus ini di suatu lokasi dapat merefleksikan perubahan kondisi lingkungan tanah dengan lebih tepat dibandingkan hanya memperhatikan keberadaan cacing tanah secara umum.

Secara morfologi, *Pheretima* memiliki bentuk tubuh yang panjang dan silindris dengan jumlah segmen antara ± 90 –150, tergantung pada spesiesnya. Tubuhnya terpecah menjadi bagian depan yang memiliki prostomium, urutan

segmen yang berulang (metamer), dan bagian belakang (pygidium). Pembagian segmen ini memberikan kemampuan fleksibilitas yang besar saat bergerak di dalam tanah dan mendukung kegiatan bioturbasi yang membantu pembentukan pori-pori dan agregat tanah (Minarsih *et al.*, 2021). Secara eksternal, *Pheretima* biasanya mempunyai warna merah cokelat hingga cokelat gelap di sisi dorsal dan lebih terang di bagian ventral. Warna ini berfungsi sebagai penyesuaian terhadap lingkungan tanah yang lembap dan kaya akan bahan organik di daerah tropis (Fatimah *et al.*, 2024). Permukaan tubuh memiliki seta (rambut tipis) yang tersusun melingkar di setiap segmen dan berfungsi untuk menempel serta memfasilitasi pergerakan saat menggali tanah. Pada individu dewasa, klitelum terlihat sebagai cincin tebal yang biasanya terletak di antara segmen ke-14 dan ke-16, dan berfungsi dalam proses pembentukan kokon saat reproduksi.

Keberadaan klitelum juga menjadi tanda kematangan seksual serta karakteristik penting untuk mengidentifikasi spesies dalam penelitian lapangan (Minarsih *et al.*, 2021). Selain itu, sistem pencernaan *Pheretima* memiliki saluran yang lengkap mulai dari mulut, faring, esofagus, tembolok, ampela, hingga usus panjang, yang berfungsi dalam mengolah dan merusak bahan organik. Struktur ampela yang memiliki otot memungkinkan penghancuran secara mekanis terhadap partikel tanah dan serasah sebelum dilanjutkan dengan proses pencernaan yang melibatkan enzim di dalam usus. Aktivitas enzim pencernaan seperti selulase dan protease pada cacing tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah seperti pH dan kelembapan, yang berperan penting dalam menjaga keberlanjutan komunitas mikroba di dalam usus serta efisiensi dalam mendekomposisi bahan organik (Wang, 2024). Oleh karena itu, variasi dalam pH, suhu, dan kelembapan tanah di lokasi penelitian tertentu bisa berpengaruh terhadap aktivitas pencernaan, tingkat konsumsi bahan organik, dan pada akhirnya mempengaruhi jumlah serta sebaran cacing tanah di habitat tersebut.

Dalam pandangan Islam, adanya organisme tanah seperti cacing tanah adalah bagian dari penciptaan Allah Swt. yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan dalam ekosistem. Setiap organisme, sekecil apapun, memiliki peran dan keuntungan dalam kehidupan, seperti yang diterangkan dalam Al-Qur'an bahwa tidak ada satupun makhluk di dunia yang terlepas dari aturan dan

pengawasan Allah Swt. Ini tercantum dalam Surah *Hud* ayat 6 yang menyebutkan bahwa setiap makhluk hidup menerima rezeki dari-Nya, dan dalam Surah *Al-An'am* ayat 38 yang menerangkan bahwa seluruh makhluk hidup adalah umat seperti manusia yang hidup dalam keteraturan. Oleh karena itu, keberadaan cacing tanah sebagai makhluk yang berfungsi dalam proses dekomposisi, perbaikan struktur tanah, serta siklus nutrisi dapat dilihat sebagai bagian dari tanda kebesaran Allah Swt. dalam menciptakan sistem alam yang seimbang, sehingga manusia memiliki kewajiban untuk menjaga dan melestarikan lingkungan sebagai wujud amanah dalam menjaga ekosistem.

Dalam pandangan hadis, Rasulullah Saw. bersabda, “Setiap Muslim yang menanam tanaman atau menabur benih, dan sebagian darinya dimakan oleh burung, manusia, atau hewan, maka itu dianggap sebagai sedekah untuknya” (HR. Imam Bukhari serta Imam Muslim). Hadis ini mengindikasikan bahwa setiap tindakan baik terhadap makhluk hidup mendatangkan pahala, sehingga semua organisme, termasuk cacing tanah, berperan penting dalam pemeliharaan keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, cacing tanah sebagai makhluk yang berfungsi dalam dekomposisi dan kesuburan tanah dapat dianggap sebagai bagian dari ciptaan Allah Swt. yang perlu dilindungi dan dilestarikan.

3. Bioindikator

Bioindikator didefinisikan sebagai organisme yang memberikan sinyal perubahan lingkungan melalui kelimpahan, keanekaragaman, atau perilakunya, sehingga efektif memantau kualitas ekosistem secara non-invasif. Menurut Pratiwi *et al.* (2024), cacing tanah termasuk indikator kesuburan tanah karena populasi tinggi berkorelasi dengan peningkatan *biochar* dan fosfat yang memperbaiki sifat fisik-kimia tanah. Bioindikator merupakan organisme yang digunakan untuk mendeteksi perubahan kondisi lingkungan melalui respons biologis seperti kelimpahan, distribusi, maupun aktivitasnya. Dalam konteks ekosistem tanah, penggunaan bioindikator dinilai efektif karena mampu menggambarkan kondisi lingkungan secara lebih menyeluruh dibandingkan hanya menggunakan parameter fisik dan kimia. Hal ini didukung oleh Imaniar *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa cacing tanah merupakan bioindikator kesuburan tanah karena kepadatannya dipengaruhi oleh sistem pengelolaan lahan serta kondisi lingkungan tanah.

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem pertanian organik dan agroforestri memiliki kepadatan cacing tanah lebih tinggi dibandingkan sistem anorganik, sehingga mencerminkan kualitas tanah yang lebih baik

Pengamatan terhadap keberadaan, aktivitas, dan distribusi cacing tanah menunjukkan adanya perubahan pada kondisi tanah yang dipengaruhi oleh faktor eksternal, termasuk paparan bahan kimia. Variasi aktivitas dan penyebaran cacing tanah pada media dengan kondisi berbeda menunjukkan bahwa organisme ini mampu merespons perubahan lingkungan secara nyata. Respons tersebut dapat diamati tanpa merusak lingkungan, sehingga penggunaannya sebagai indikator biologis menjadi salah satu pendekatan yang efektif dalam kajian kualitas tanah (Mahmudah *et al.*, 2023). Penelitian oleh Mufaddila dan Budijastuti (2021) menunjukkan bahwa cacing tanah memiliki hubungan dengan tingkat pencemaran logam berat dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi antara kepadatan cacing tanah dengan kandungan timbal (Pb), sehingga organisme ini memiliki potensi sebagai bioindikator dalam mendeteksi pencemaran tanah. Selain itu, parameter lingkungan seperti pH, suhu, dan kelembapan turut memengaruhi keberadaan cacing tanah, sehingga memperkuat perannya sebagai indikator kondisi fisik dan kimia tanah. Cacing tanah pada lahan tercemar dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan tanah. Variasi struktur komunitas cacing tanah pada lokasi dengan tingkat pencemaran berbeda menunjukkan bahwa organisme ini mampu beradaptasi sekaligus memberikan respons terhadap perubahan lingkungan. Hal ini memperkuat bahwa bioindikator tidak hanya mencerminkan kualitas tanah, tetapi juga dinamika ekosistem tanah secara keseluruhan.

4. Kondisi Tanah

Kondisi tanah merupakan faktor penting yang menentukan keberlangsungan kehidupan organisme di dalamnya, karena melibatkan interaksi antara sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Parameter seperti pH, kelembapan, dan suhu tanah menjadi indikator utama dalam menggambarkan kualitas tanah serta kesesuaian habitat bagi organisme. Ketiga parameter tersebut saling berinteraksi dalam memengaruhi aktivitas biologis dan kesuburan tanah, sehingga sering digunakan dalam berbagai penelitian untuk menilai kondisi tanah secara menyeluruh

(Adomako *et al.*, 2025). Kondisi tanah juga berkaitan erat dengan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan aktivitas organisme tanah. Tanah dengan kondisi yang tidak seimbang, seperti terlalu kering atau terlalu lembap, dapat menghambat proses biologis serta menurunkan kualitas lingkungan tanah. Pengukuran parameter seperti kelembapan dan pH tanah secara akurat diperlukan untuk menjaga kondisi tanah tetap optimal dan mendukung aktivitas organisme di dalamnya (Cahyono & Akbar, 2025).

Dalam konteks pengelolaan lingkungan, kondisi tanah dipengaruhi oleh faktor seperti suhu, kelembapan, dan kandungan unsur hara yang saling berinteraksi dalam menentukan tingkat kesuburan tanah. Pemanfaatan teknologi monitoring menunjukkan bahwa perubahan parameter tersebut dapat diamati secara real-time untuk mengetahui dinamika kondisi tanah. Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa variasi suhu, pH, dan kelembapan tanah berpengaruh terhadap stabilitas lingkungan tanah dan produktivitas tanaman (Arifin *et al.*, 2025). Pada akhirnya, kondisi tanah yang optimal ditandai oleh keseimbangan antara suhu, pH, dan kelembapan yang sesuai dengan kebutuhan organisme dan tanaman. Ketidakseimbangan pada salah satu parameter dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan serta aktivitas biologis dalam tanah. Upaya pengelolaan kondisi tanah melalui pemantauan parameter-parameter tersebut terbukti mampu meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman sekaligus menjaga stabilitas lingkungan tanah (Sugandi & Hasibuan, 2025).

5. pH Tanah

pH tanah merupakan salah satu faktor kimia tanah yang menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu tanah yang berpengaruh terhadap aktivitas biologis di dalamnya. Nilai pH tanah berperan penting dalam menentukan ketersediaan unsur hara, aktivitas mikroorganisme, serta keberlangsungan hidup organisme tanah. Tanah dengan pH yang terlalu asam atau terlalu basa dapat menghambat aktivitas biologis karena memengaruhi proses metabolisme organisme serta ketersediaan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme tersebut. Menurut Eugui *et al.* (2022), perubahan pH tanah dapat memengaruhi struktur komunitas fauna tanah karena setiap organisme memiliki kisaran toleransi pH yang berbeda terhadap lingkungannya.

Selanjutnya, Wang *et al.* (2024) menyatakan bahwa pH tanah berperan dalam mengontrol aktivitas enzimatik dan proses dekomposisi bahan organik, sehingga secara tidak langsung memengaruhi ketersediaan energi bagi organisme tanah. Sejalan dengan itu, Aisyah *et al.* (2023) menjelaskan bahwa kondisi pH yang optimal akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dekomposer, yang berperan dalam menyediakan bahan organik sebagai sumber makanan bagi fauna tanah, termasuk cacing tanah. Dengan demikian, pH tanah tidak hanya berpengaruh secara langsung terhadap organisme, tetapi juga melalui interaksi dengan komponen biotik lainnya dalam ekosistem tanah.

Distribusi dan kelimpahan cacing tanah dipengaruhi oleh parameter lingkungan seperti pH, kelembapan, serta suhu tanah, yang masing-masing mencerminkan kondisi fisik dan kimia tanah yang relevan dengan kesesuaian habitat organisme tanah. Menurut Singh *et al.* (2020), cacing tanah cenderung ditemukan lebih melimpah pada tanah dengan pH netral hingga sedikit asam karena kondisi tersebut mendukung aktivitas fisiologis dan reproduksinya. Pada kisaran pH yang terlalu asam atau terlalu basa, aktivitas enzimatik dalam tubuh cacing tanah dapat terganggu sehingga berdampak pada penurunan pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Oleh karena itu, tanah dengan kisaran pH sekitar 6,0–7,5 dianggap sebagai kondisi yang paling optimal bagi kehidupan *Pheretima*, karena mampu mendukung aktivitas biologis serta ketersediaan nutrisi yang diperlukan.

Hal ini diperkuat oleh Nisa *et al.* (2020) yang menunjukkan adanya hubungan signifikan antara pH tanah dengan kepadatan cacing tanah pada lahan pertanian, sehingga faktor lingkungan tanah berpengaruh terhadap populasi organisme tersebut. Fatimah *et al.* (2024) menyatakan bahwa perubahan pH tanah akibat aktivitas manusia dapat menyebabkan penurunan kelimpahan cacing tanah, karena organisme ini memiliki toleransi terbatas terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Oleh karena itu, pH tanah menjadi salah satu parameter penting dalam kajian ekologi tanah untuk menjelaskan variasi kelimpahan organisme edafik serta sebagai indikator kondisi lingkungan tanah secara keseluruhan.

6. Kelembapan Tanah

Kelembapan tanah merupakan salah satu faktor fisik tanah yang menunjukkan jumlah kandungan air yang terdapat di dalam pori-pori tanah pada kondisi tertentu.

Kelembapan tanah memiliki peranan penting dalam mendukung berbagai proses biologis di dalam tanah karena air berfungsi sebagai media bagi aktivitas mikroorganisme serta organisme tanah dalam menjalankan proses metabolisme dan dekomposisi bahan organik. Kondisi kelembapan tanah yang sesuai dapat meningkatkan aktivitas biologis organisme tanah, sedangkan kondisi tanah yang terlalu kering maupun terlalu jenuh air dapat menghambat aktivitas organisme serta memengaruhi distribusi dan kelimpahan organisme dalam tanah (Singh *et al.*, 2020). Dalam ekosistem tanah, variasi kelembapan juga berpengaruh terhadap keberadaan fauna tanah karena sebagian besar organisme tanah sangat bergantung pada ketersediaan air untuk menjaga keseimbangan fisiologis tubuhnya serta mendukung aktivitas pergerakan di dalam tanah (Negi *et al.*, 2025).

Kelembapan tanah memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap keberadaan dan aktivitas cacing tanah karena organisme ini melakukan respirasi melalui permukaan kulit yang harus tetap lembap agar proses pertukaran gas dapat berlangsung dengan baik. Menurut Aspe & Obusan (2023), kelembapan tanah yang optimal merupakan faktor utama yang menentukan keberlangsungan hidup cacing tanah karena berkaitan langsung dengan proses respirasi dan keseimbangan air dalam tubuh organisme tersebut. Kondisi tanah dengan kelembapan yang sesuai akan mendukung aktivitas pergerakan, konsumsi bahan organik, serta reproduksi cacing tanah di dalam tanah. Sebaliknya, kondisi tanah yang terlalu kering dapat menyebabkan penurunan aktivitas bahkan kematian pada cacing tanah karena tubuhnya rentan mengalami kehilangan air, sedangkan kondisi tanah yang terlalu jenuh air dapat menghambat proses respirasi akibat rendahnya ketersediaan oksigen dalam tanah. Hal ini diperkuat oleh Bhagat *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa variasi kelembapan tanah memiliki hubungan signifikan dengan kelimpahan cacing tanah, di mana populasi cacing tanah cenderung lebih tinggi pada tanah yang memiliki kandungan air cukup serta struktur tanah yang stabil untuk mendukung aktivitas bioturbasi.

Negi *et al.* (2025) menjelaskan bahwa kelembapan tanah tidak hanya memengaruhi aktivitas fisiologis cacing tanah, tetapi juga berperan dalam menentukan distribusi vertikal organisme di dalam profil tanah, karena cacing tanah akan berpindah ke lapisan dengan kondisi kelembapan yang lebih sesuai.

Dengan demikian, kelembapan tanah menjadi salah satu faktor lingkungan utama yang menentukan kelimpahan dan distribusi cacing tanah dalam suatu ekosistem tanah.

7. Suhu Tanah

Suhu tanah adalah elemen yang berperan dalam kegiatan biologis cacing tanah. Berbagai penelitian ekologis mengindikasikan bahwa banyak jenis cacing tanah memiliki kisaran suhu ideal untuk pertumbuhan dan aktivitas fisiknya, serta suhu tanah yang terlalu tinggi atau rendah dapat memengaruhi penyebaran dan efisiensi organisme ini (*Al-Maliki et al.*, 2021). Suhu tanah merupakan salah satu faktor fisik lingkungan yang berperan penting dalam mengendalikan berbagai proses biologis dan kimia yang terjadi di dalam tanah. Suhu tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas radiasi matahari, kelembapan tanah, tutupan vegetasi, serta kedalaman tanah.

Perubahan suhu tanah dapat memengaruhi aktivitas organisme tanah karena suhu berperan dalam mengatur laju metabolisme, pertumbuhan, serta reproduksi organisme tersebut. Menurut Negi *et al.* (2022), suhu merupakan faktor lingkungan yang secara langsung mengendalikan proses fisiologis organisme tanah, sehingga perubahan suhu dapat menyebabkan perubahan aktivitas biologis secara signifikan. Pada kondisi suhu yang sesuai, aktivitas biologis organisme tanah seperti dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi dapat berlangsung secara optimal. Sedangkan, suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menurunkan aktivitas organisme tanah karena berada di luar kisaran toleransi fisiologisnya. Hal ini diperkuat oleh *Al-Maliki et al.* (2021) yang menyatakan bahwa setiap organisme tanah, termasuk cacing tanah, memiliki kisaran suhu optimum tertentu untuk mempertahankan aktivitas metabolisme dan reproduksinya. Di luar kisaran tersebut, organisme akan mengalami stres fisiologis yang berdampak pada penurunan aktivitas bahkan perpindahan habitat.

Suhu tanah merupakan faktor lingkungan yang berperan dalam mengendalikan laju metabolisme dan aktivitas biologis cacing tanah. Genus *Pheretima* umumnya hidup optimal pada suhu tanah yang relatif hangat, sesuai dengan karakteristik lingkungan tropis. Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat metabolisme dan aktivitas pergerakan, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres

fisiologis dan menurunkan kelangsungan hidup organisme. Kisaran suhu tanah yang optimal bagi cacing tanah umumnya berada pada rentang 20–30°C, di mana aktivitas makan, pertumbuhan, dan reproduksi dapat berlangsung secara maksimal. Kondisi suhu yang stabil dalam kisaran tersebut juga mendukung interaksi cacing tanah dengan mikroorganisme tanah dalam proses dekomposisi bahan organik (Renaldi *et al.*, 2025).

8. Aplikasi Dalam Pembelajaran

Penelitian ekologi, khususnya yang berkaitan dengan organisme tanah seperti cacing tanah (*Pheretima*), memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam pembelajaran biologi di sekolah menengah. Biologi tidak hanya menekankan penguasaan konsep, tetapi juga pemahaman proses ilmiah serta keterkaitannya dengan lingkungan nyata. Kajian mengenai kelimpahan cacing tanah sebagai bioindikator kondisi tanah memberikan contoh konkret tentang konsep ekologi, interaksi organisme dengan lingkungan, serta pengaruh faktor abiotik. Dalam kurikulum Biologi SMA kelas X, hasil penelitian tentang kelimpahan cacing tanah dan hubungannya dengan pH, kelembapan, serta suhu tanah dapat dijadikan sumber belajar yang relevan pada materi ekosistem. Melalui contoh ini, peserta didik dapat memahami bahwa kelimpahan organisme dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tertentu, sehingga penelitian ini dapat memperkuat pemahaman konseptual siswa mengenai habitat, relung ekologi, dan bioindikator lingkungan.

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah salah satu langkah penting dalam merancang kajian teori yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik yang diteliti. Dengan menganalisis penelitian sebelumnya, peneliti dapat memahami perkembangan studi, menemukan kesamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan, serta mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) sebagai landasan untuk memperkuat urgensi penelitian. Di samping itu, penelitian ini juga berkontribusi pada penguatan dasar teori dan mendukung perumusan kerangka pemikiran penelitian. Adapun penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

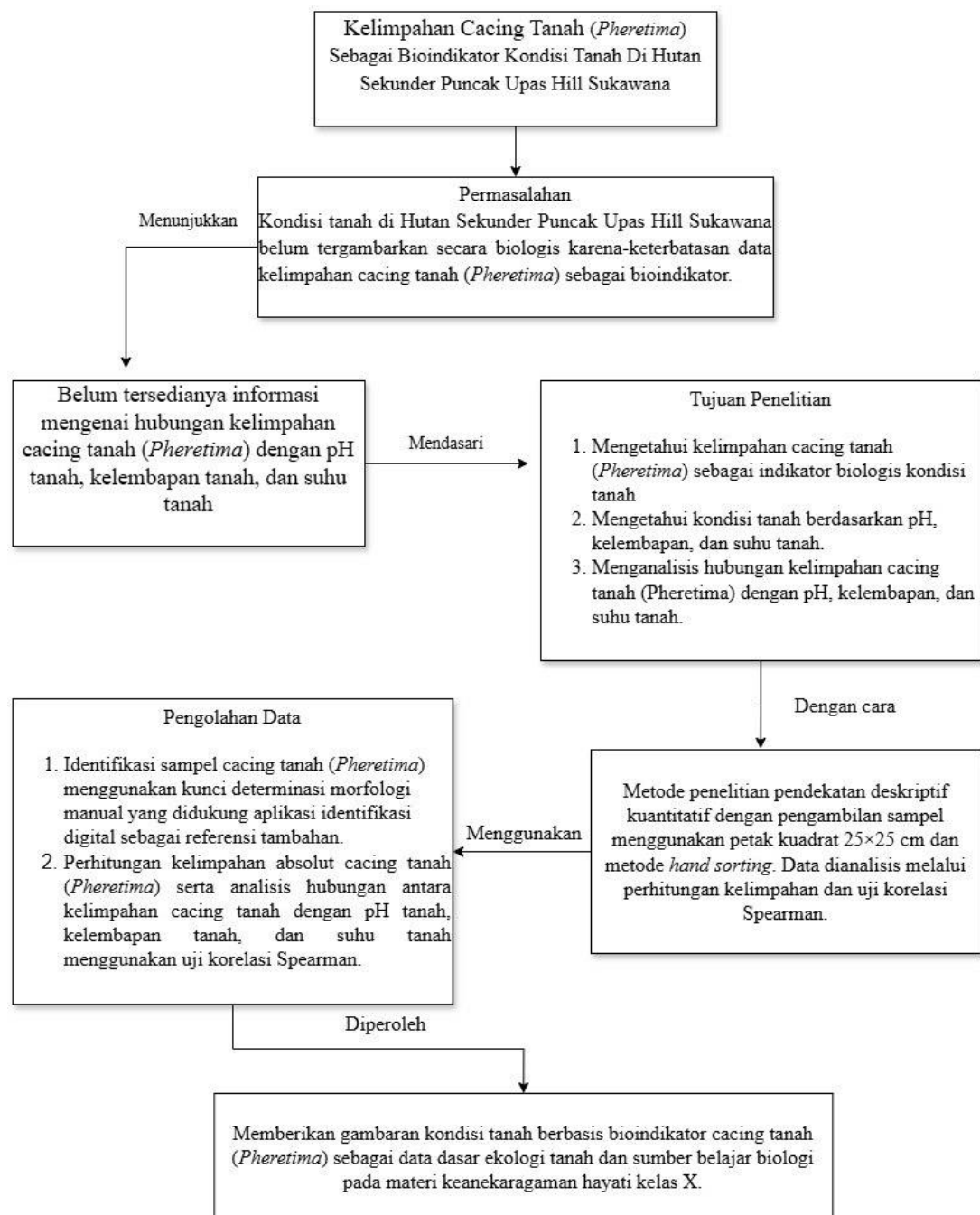
No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
1.	<i>The Earthworm's Diversity And Their Relationship To The Soil Physicochemical Properties Under The Stands Of Perennial Plant At The Mount Merapi Forest , Yogyakarta, Indonesia</i>	Minarsih <i>et al.</i>	2021	Jawa Timur, Indonesia	Pengambilan sampel fauna tanah menggunakan metode plot dan analisis parameter tanah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa genus <i>Pheretima</i> merupakan salah satu jenis yang dominan ditemukan dan berperan dalam meningkatkan porositas tanah serta ketersediaan bahan organik.
2.	Quality Of Soil From The Nickel Mining Area Of Southeast Sulawesi , Indonesia , Engineered Using Earthworms (<i>Pheretima</i> Sp.)	Syaf <i>et. al.</i>	2021	Sulawesi Tenggara, Indonesia	Eksperimen lapangan	Kelimpahan cacing tanah berkorelasi dengan peningkatan kualitas tanah dan dapat digunakan sebagai bioindikator.
3.	Kepadatan Populasi Cacing Tanah (Haplotaxida : Lumbricina) Sebagai Bioindikator Kesuburan Tanah Di Kebun Nusantara PT . Cinquer Agro Nusantara	Imaniar <i>et. al.</i>	2023	Malang, Jawa Timur	Sampling kuadrat, <i>hand sorting</i>	Kelimpahan cacing tanah dipengaruhi signifikan oleh pH, kelembapan, dan suhu tanah.
4.	<i>The Assessment of Soil Quality and Earthworms as Bioindicators in the Alas Bromo Education Forest, Central Java, Indonesia</i>	Al-maliki <i>et. al..</i>	2023	Jawa Timur	Observasi lapangan dan <i>hand sorting</i>	Cacing tanah memiliki hubungan erat dengan beberapa karakteristik tutupan lahan. Pola penggunaan lahan, faktor biotik dan abiotik dalam tanah, jenis vegetasi, masukan serasah, dan iklim mikro

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
						memengaruhi kepadatan cacing tanah.
5.	<i>Spatial Distribution Of Exotic Lumbricid Earthworm Octolasion Tyrtaeum In Endangered Taxus Contorta Stands Across Northwest Himalayan Moist Temperate Forests</i>	Negi et. al.	2025	Himalaya	Survei distribusi	Distribusi dan kelimpahan cacing tanah menunjukkan kondisi lingkungan habitat

C. Kerangka Pemikiran

Kondisi tanah adalah elemen krusial dalam ekosistem hutan yang menentukan kelangsungan hidup makhluk yang ada di dalam tanah. Perubahan fisik tanah, termasuk pH, kelembapan, dan suhu, dapat berdampak pada aktivitas biologis makhluk yang tinggal di dalamnya. Salah satu spesies yang sangat peka terhadap perubahan kondisi ini adalah cacing tanah (*Pheretima*), karena seluruh siklus hidupnya berlangsung di dalam tanah dan sangat tergantung pada kualitas lingkungan tanah. Cacing tanah beradaptasi terhadap perubahan pH melalui batas toleransi fisiologisnya, sementara kelembapan tanah memiliki dampak langsung terhadap proses respirasi dan pergerakan, serta suhu tanah memengaruhi laju metabolisme dan aktivitas biologisnya.

Oleh sebab itu, variasi dalam kondisi tanah diperkirakan akan tercermin dalam perbedaan jumlah cacing tanah di suatu area. Hutan sekunder, sebagai ekosistem yang berada dalam tahap suksesi setelah gangguan, menunjukkan variasi kondisi tanah yang berbeda-beda di berbagai lokasi. Mengingat hubungan tersebut, kelimpahan cacing tanah (*Pheretima*) dapat berfungsi sebagai bioindikator untuk menggambarkan kondisi tanah di Hutan Sekunder Puncak Upas *Hill* Sukawana berdasar pada parameter pH, kelembapan, dan suhu tanah. Kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)