



Collembola dan Konservasi Tanah Berkelanjutan: Review atas Wawasan dari Scopus AI

Collembola and Sustainable Soil Conservation: A Review of Insight from Scopus AI

H. Husamah*, Abdulkadir Rahardjanto, & Tutut Indria Permana

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia

Abstrak

Collembola atau ekor pegas, sebagai komponen biota tanah yang penting namun cenderung terabaikan, berperan penting dalam siklus nutrisi dan stabilitas tanah. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis peran Collembola dalam kesehatan tanah dan layanan ekosistem, dampak praktik pertanian terhadap komunitasnya, sensitivitas terhadap perubahan lingkungan, serta rekomendasi manajemen berdasarkan data terindeks Scopus AI. Metode yang digunakan adalah tinjauan pustaka sistematis dengan memanfaatkan fitur pencarian bahasa alami dan kata kunci dari Scopus AI untuk memperoleh literatur relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa Collembola berkontribusi signifikan terhadap dekomposisi bahan organik, peningkatan kualitas tanah, dan pengendalian erosi. Selain itu, praktik pengolahan tanah konservasi dan penggunaan amandemen organik terbukti meningkatkan keberagaman spesies Collembola. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa Collembola memainkan peran kunci dalam konservasi tanah berkelanjutan, namun riset lebih lanjut diperlukan untuk memahami dampak perubahan iklim dan praktik pertanian terhadap fungsi ekologis mereka. Penelitian ini juga memberikan saran untuk pengelolaan yang lebih efektif dalam mendukung keberlanjutan tanah.

Kata Kunci: Collembola; Konservasi; Scopus AI; SDGs; Tanah

Abstract

Collembola or springtails, as an important but often overlooked component of soil biota, it plays an important role in nutrient cycles and soil stability. This article aims to analyze Collembola's role in soil health and ecosystem services, the impact of agricultural practices on their communities, sensitivity to environmental changes, and management recommendations based on Scopus AI-indexed data. The method used is a systematic literature review utilizing natural language and keyword search features from Scopus AI to gather relevant literature. The results of the study show that Collembola significantly contributes to organic matter decomposition, soil quality improvement, and erosion control. Additionally, conservation tillage practices and organic amendments have been shown to enhance Collembola species diversity. In conclusion, Collembola plays a key role in sustainable soil conservation, but further research is needed to understand the impact of climate change and agricultural practices on their ecological functions. This study also offers recommendations for more effective management strategies to support soil sustainability.

Keywords: Collembola; Conservation; Scopus AI; SDGs; Soil

How to Cite: Husamah, H., Rahardjanto, A., & Permana, T.I., (2025). Collembola dan Konservasi Tanah Berkelanjutan: Review atas Wawasan dari Scopus AI. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 7(1) 2025: 46-59

*E-mail: usya_bio@umm.ac.id

ISSN 2722-9777 (Online)



PENDAHULUAN

Konservasi tanah berkelanjutan merupakan salah satu pilar penting dalam menjaga ketahanan ekosistem dan produktivitas agroekosistem jangka panjang. Seiring meningkatnya degradasi tanah akibat aktivitas antropogenik, seperti intensifikasi pertanian, deforestasi, dan perubahan tata guna lahan, perhatian terhadap faktor-faktor biologis dalam menjaga kualitas tanah menjadi semakin mendesak (Albaladejo *et al.*, 2021; Pandian *et al.*, 2024; Telo da Gama, 2023). Salah satu komponen biota tanah yang memainkan peran krusial namun sering terabaikan adalah Collembola (springtails atau ekor pegas), kelompok mikroarthropoda atau mesofauna yang tersebar luas di berbagai tipe tanah (Briones, 2014; Cuartero *et al.*, 2025; Culliney, 2013; Gonçalves *et al.*, 2021; Potapov *et al.*, 2022) dan berperan penting dalam siklus nutrisi, pembentukan struktur tanah, dan stabilitas ekosistem (Husamah, 2014; Husamah *et al.*, 2016, 2017).

Studi-studi terkini yang diindeks dalam database Scopus menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam minat ilmiah terhadap peran ekologis Collembola dalam kesehatan tanah dan layanan ekosistem (Balzan *et al.*, 2020; da Costa *et al.*, 2025; Fiorentino *et al.*, 2025; Hishi *et al.*, 2022; Sophie Joimel *et al.*, 2021; Winter *et al.*, 2018). Banyak penelitian yang telah mengungkap kontribusi Collembola dalam dekomposisi bahan organik tanah, interaksi dengan mikroorganisme tanah, dan kepekaan tinggi terhadap perubahan lingkungan, menjadikan Collembola sebagai indikator hayati yang potensial (Chang *et al.*, 2024; Chassain *et al.*, 2023; Gruss *et al.*, 2024; Harta *et al.*, 2021; Sophie Joimel *et al.*, 2022; Mawan *et al.*, 2022; Vanhée & Devigne, 2018; Yang *et al.*, 2025; Yu *et al.*, 2022). Meski demikian, terdapat kesenjangan antara pengetahuan yang berkesinambungan dan pemetaan perkembangan/tren yang telah dihasilkan terkait pemanfaatannya dalam praktik konservasi tanah berkelanjutan di masyarakat. Review terhadap referensi yang ada menunjukkan masih sedikit kajian yang secara sistematis mengintegrasikan peran Collembola dalam strategi manajemen tanah yang aplikatif serta hubungan mereka dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya pada indikator ekosistem daratan dan pertanian berkelanjutan.

Berdasarkan pencermatan terhadap referensi yang ada, banyak studi masih bersifat fragmentatif, fokus pada aspek ekologi mikro tanpa mengkaji kontribusi holistik Collembola dalam menjaga keberlanjutan sistem tanah. Selain itu, belum banyak literatur yang mengelaborasi pemetaan konseptual (concept map) mengenai perkembangan riset Collembola dalam konteks konservasi tanah secara komprehensif, khususnya pada

database jurnal internasional bereputasi (Scopus) yang dapat menjadi acuan atau landasan bagi peneliti selanjutnya.

Berdasarkan hal tersebut, artikel ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis informasi terkini terkait peran Collembola terhadap kesehatan tanah dan layanan ekosistem, dampak praktik pertanian terhadap komunitas mereka, sensitivitas terhadap perubahan lingkungan, serta rekomendasi manajemen berdasarkan data terindeks Scopus AI; (2) Mengkaji secara mendalam fungsi ekologis Collembola dalam konservasi tanah berkelanjutan, termasuk pengaruhnya terhadap struktur dan stabilitas tanah, serta mekanisme kontribusinya terhadap keberlanjutan lingkungan tanah; dan (3) Menyusun concept map guna memvisualisasikan arah dan perkembangan riset global terkait tema ini, serta mengidentifikasi potensi topik riset lanjutan.

Artikel ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam kerangka pencapaian SDGs, terutama poin 2 (*Zero Hunger*), 13 (*Climate Action*), dan 15 (*Life on Land*), serta memperkaya kajian dalam ilmu biologi tanah dan ekologi mikroarthropoda. Dengan pendekatan review berbasis kecerdasan buatan (Scopus AI), analisis ini diharapkan mampu menyajikan pemahaman yang lebih sistematis dan terintegrasi mengenai pentingnya Collembola dalam pengelolaan tanah yang berkelanjutan di era perubahan iklim dan degradasi lingkungan saat ini.

METODE PENELITIAN

***Framework* kajian**

Kajian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan tinjauan pustaka sistematis berbasis kecerdasan buatan melalui pemanfaatan fitur natural language search dan keyword search yang disediakan oleh Scopus AI. Scopus AI merupakan alat pencarian literatur canggih yang terintegrasi dalam basis data Scopus dan didukung oleh teknologi pemrosesan bahasa alami (Natural Language Processing/NLP) untuk menginterpretasi pertanyaan kompleks serta menelusuri sumber-sumber akademik yang relevan secara lebih akurat dan komprehensif (Collins *et al.*, 2021; Elsevier, 2024; ETH Zurich, 2025; LibCognizance, 2024; Preisler, 2024; Supriyono *et al.*, 2024).

Tahapan pemerolehan data

Langkah pertama dalam proses ini adalah melakukan pencarian berbasis bahasa alami menggunakan kueri: "*What is the role of Collembola in sustainable soil conservation?*"

Kueri ini dirancang untuk menangkap beragam studi yang membahas peran ekologis Collembola dalam konteks pelestarian tanah berkelanjutan di berbagai sistem ekosistem. Untuk memperoleh hasil yang lebih spesifik dan terfokus, pencarian kemudian diperluas dengan kombinasi kata kunci sebagai berikut: ("*Collembola*" OR "*springtail*" OR "*soil microfauna*" OR "*soil fauna*") AND ("*sustainable*" OR "*eco-friendly*" OR "*environmental*" OR "*green*") AND ("*soil conservation*" OR "*soil management*" OR "*soil preservation*" OR "*erosion control*") AND ("*biodiversity*" OR "*ecosystem*" OR "*habitat*" OR "*soil health*").

Strategi pencarian ini memastikan cakupan literatur yang relevan dan representatif terhadap berbagai aspek konservasi tanah berkelanjutan yang melibatkan Collembola, baik dari sisi peran ekologisnya, sensitivitas terhadap perubahan lingkungan, hingga relevansinya terhadap strategi manajemen tanah.

Analisis data

Data yang diperoleh dari Scopus AI mencakup informasi deskriptif dan visual, seperti grafik tren penelitian, jaringan kata kunci, dan diagram tematik. Seluruh data ini dianalisis secara kualitatif, dengan fokus pada identifikasi tema-tema utama, perkembangan wacana ilmiah, serta kontribusi konseptual Collembola terhadap konservasi tanah dan kesehatan ekosistem tanah.

Dengan menelaah hasil literatur tersebut, kajian ini mampu memetakan fungsi ekologis Collembola, mengidentifikasi dampak praktik pertanian terhadap komunitasnya, serta mengeksplorasi strategi konservasi yang berbasis biodiversitas mikroarthropoda tanah. Di samping itu, pemetaan konseptual (concept map) disusun untuk menggambarkan lanskap riset secara visual, termasuk arah perkembangan dan celah penelitian (research gap) yang potensial.

Pendekatan ini tidak hanya memberikan gambaran menyeluruh terhadap topik kajian, tetapi juga memperkuat kontribusi artikel ini dalam pengembangan ilmu biologi tanah dan upaya pencapaian SDGs, khususnya pada aspek kelestarian ekosistem darat, pertanian berkelanjutan, dan mitigasi perubahan iklim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Informasi Terkini Peran Collembola

informasi terkini terkait peran Collembola terhadap kesehatan tanah dan layanan ekosistem, dampak praktik pertanian terhadap komunitas mereka, sensitivitas terhadap

perubahan lingkungan, serta rekomendasi manajemen berdasarkan data terindeks Scopus AI disajikan pada Table 1.

Tabel 1. Ringkasan dari informasi Scopus AI

No	Urgensi	Bahasan	Referensi
1	Peran dalam Kesehatan Tanah dan Layanan Ekosistem	Siklus dan Dekomposisi Nutrisi	(D'Annibale <i>et al.</i> , 2019; Schröder, 2008; Tóth <i>et al.</i> , 2025; Zhang <i>et al.</i> , 2022)
		Indikator biologis	(D'Annibale <i>et al.</i> , 2019; Steffen <i>et al.</i> , 2007; Tóth <i>et al.</i> , 2025)
2	Dampak Praktik Pertanian	Pengolahan tanah secara konservasi	(Brennan <i>et al.</i> , 2006; Coulibaly <i>et al.</i> , 2017; de Oliveira Filho <i>et al.</i> , 2020)
		Rotasi tanaman dan penanaman tumpang sari Amandemen organik:	(Liu <i>et al.</i> , 2025) (Yu <i>et al.</i> , 2022)
3	Kepekaan terhadap Perubahan Lingkungan	Perubahan iklim dan penggunaan lahan	(Yin <i>et al.</i> , 2019)
		Pemadatan tanah dan kelembapan	(Tóth <i>et al.</i> , 2025)
4	Rekomendasi Pengelolaan	Pengurangan gangguan	(Brennan <i>et al.</i> , 2006; Coulibaly <i>et al.</i> , 2017; de Oliveira Filho <i>et al.</i> , 2020)
		Amandemen organik	(Yu <i>et al.</i> , 2022)
		Sistem penanaman yang beragam	(Liu <i>et al.</i> , 2025; Mamabolo <i>et al.</i> , 2024)

1. Peran dalam Kesehatan Tanah dan Layanan Ekosistem

- a. Daur Ulang dan Dekomposisi Nutrisi: Collembola berkontribusi secara signifikan terhadap dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi, yang penting untuk menjaga kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman (D'Annibale *et al.*, 2019; Schröder, 2008; Tóth *et al.*, 2025). Mereka membantu menyalurkan karbon dan nutrisi dari sumber makanan dasar ke tingkat trofik yang lebih tinggi, memainkan peran penting dalam jaring makanan bawah tanah (Zhang *et al.*, 2022).
- b. Bioindikator: Collembola digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kesehatan tanah dan dampak praktik pertanian. Keberadaan dan keanekaragamannya dapat menunjukkan variasi biologis, kimia, dan fisik dalam ekosistem (D'Annibale *et al.*, 2019; Steffen *et al.*, 2007; Tóth *et al.*, 2025)

2. Dampak Praktik Pertanian

- a. Pengolahan Tanah Konservasi: Praktik pengolahan tanah yang dikurangi, seperti tanpa pengolahan tanah (non-tillage/NT) dan pengolahan tanah konservasi, telah terbukti berdampak positif pada komunitas Collembola dengan meningkatkan kepadatan dan kekayaan spesiesnya (Brennan *et al.*, 2006; Coulibaly *et al.*, 2017; de Oliveira Filho *et al.*, 2020). Praktik ini membantu menjaga struktur dan

kelembapan tanah, yang bermanfaat bagi Collembola dan kesehatan tanah secara keseluruhan.

- b. Rotasi Tanaman dan Intercropping: Praktik seperti intercropping tanaman-kacang-kacangan dan penggabungan jerami dapat meningkatkan kepadatan dan keanekaragaman Collembola. Intercropping, khususnya, telah terbukti menggandakan kepadatan Collembola dan tungau akaria, meskipun dampaknya pada struktur komunitas dapat bervariasi (Liu *et al.*, 2025).
- c. Amandemen Organik: Penambahan bahan organik seperti pupuk kandang dan jerami dapat menahan dampak negatif pertanian intensif dan perubahan iklim pada komunitas Collembola. Amandemen ini mendorong spesies yang lebih aktif dan mudah berpindah serta membantu menjaga keanekaragaman hayati tanah. (Yu *et al.*, 2022).

3. Kepekaan terhadap Perubahan Lingkungan

- a. Perubahan Iklim dan Penggunaan Lahan: Komunitas Collembola sensitif terhadap perubahan iklim dan penggunaan lahan. Bentuk kehidupan Collembola yang berbeda merespons perubahan ini secara berbeda, dengan spesies yang hidup di permukaan lebih rentan terhadap penggunaan lahan dan perubahan iklim dibandingkan dengan mereka yang hidup di lapisan tanah yang lebih dalam (Yin *et al.*, 2019).
- b. Pemadatan Tanah dan Kelembaban: Pemadatan tanah berdampak negatif terhadap kepadatan dan keanekaragaman Collembola, sedangkan kelembapan tanah berdampak positif terhadap kelimpahannya. Faktor-faktor ini penting untuk menjaga populasi Collembola yang sehat dan, sebagai tambahan, kesehatan tanah (Tóth *et al.*, 2025).

4. Rekomendasi Pengelolaan

- a. Gangguan yang Berkurang: Meminimalkan gangguan tanah melalui pengolahan tanah yang dikurangi dan praktik tanpa pengolahan tanah dapat meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan Collembola, yang berkontribusi pada pengelolaan tanah yang berkelanjutan (D'Annibale *et al.*, 2019; Steffen *et al.*, 2007; Tóth *et al.*, 2025)

- b. Amandemen/Peninjauan Organik: Menambahkan bahan organik seperti pupuk kandang dan jerami dapat meningkatkan keanekaragaman hayati tanah dan ketahanan terhadap perubahan lingkungan (Yu *et al.*, 2022)..
- c. Sistem Penanaman Beragam: Menerapkan sistem penanaman beragam, termasuk penanaman tumpang sari dan rotasi tanaman, dapat mendukung komunitas Collembola dan meningkatkan kesehatan tanah (Liu *et al.*, 2025; Mamabolo *et al.*, 2024).

Collembola memainkan peran penting dalam konservasi tanah berkelanjutan dengan berkontribusi pada siklus nutrisi, berfungsi sebagai bioindikator, dan merespons secara positif praktik pertanian konservasi. Mengadopsi pengolahan tanah yang dikurangi, amandemen organik, dan sistem penanaman yang beragam dapat meningkatkan populasi mereka dan, akibatnya, kesehatan tanah.

Fungsi ekologis Collembola dalam konservasi tanah berkelanjutan

Peran ekologi Collembola dalam konservasi tanah berkelanjutan, dampaknya terhadap kesehatan dan keberlanjutan tanah, pengaruhnya terhadap struktur dan stabilitas tanah, serta mekanisme yang berkontribusi terhadap konservasi tanah berkelanjutan akan dieksplorasi sebagai berikut:

1. Peran Ekologis Collembola dalam Konservasi Tanah Berkelanjutan

Collembola merupakan komponen penting dari biokoenosis tanah, yang berkontribusi terhadap dekomposisi serasah dan siklus nutrisi (Theißen & Russell, 2009; Zhang *et al.*, 2022). Mereka memainkan peran yang tak tergantikan dalam jaring makanan bawah tanah, menyalurkan karbon dan nutrisi dari sumber makanan dasar ke tingkat trofik yang lebih tinggi (Zhang *et al.*, 2022). Komunitas Collembola dipengaruhi oleh sifat tanah dan karakteristik lanskap, dan diperlukan lebih banyak konektivitas antara ruang hijau perkotaan untuk memungkinkan penyebarannya (S Joimel *et al.*, 2022).

2. Dampak Collembola pada Kesehatan dan Keberlanjutan Tanah

Komunitas Collembola diubah dengan meningkatkan pengendapan nitrogen (N) dan fosfor (P), yang memengaruhi fungsi ekologis collembola dan sirkulasi material dalam ekosistem terestrial (Zhang *et al.*, 2022). Sistem penanaman alternatif dan intensitas praktik memengaruhi keanekaragaman taksonomi dan fungsional Collembola, dengan sistem konservasi yang mendorong kekayaan spesies yang lebih tinggi (Chassain *et al.*, 2023). Pengolahan tanah yang dikurangi dan sistem penanaman konservasi memiliki efek

positif yang kuat pada kekayaan dan kepadatan spesies Collembola, yang mendorong keanekaragaman hayati tanah dan meningkatkan kualitas dan kesehatan tanah (Coulibaly *et al.*, 2017).

3. Pengaruh Collembola pada Struktur dan Stabilitas Tanah

Collembola dapat memengaruhi agregasi tanah, dengan kehadiran dan interaksinya dengan jamur mikoriza arbuskular yang mendorong agregasi tanah dan pembentukan struktur (Siddiky *et al.*, 2012). Kehadiran insinyur ekosistem fisik tanah, seperti ternak dan tumbuhan, memodifikasi lingkungan fisik fauna tanah, mengubah kelimpahan relatif bentuk kehidupan Collembola dan komposisi komunitas di dalam tanah (Legendijk *et al.*, 2022).

4. Mekanisme Collembola Berkontribusi pada Konservasi Tanah Berkelanjutan

Collembola merespons perubahan dalam praktik pengelolaan, seperti pengurangan pengolahan tanah dan penambahan jerami, dengan Collembola euedafik yang cepat merespons perubahan dalam praktik pengelolaan, tetapi dampak perawatannya bersifat sementara (Natalio *et al.*, 2024).

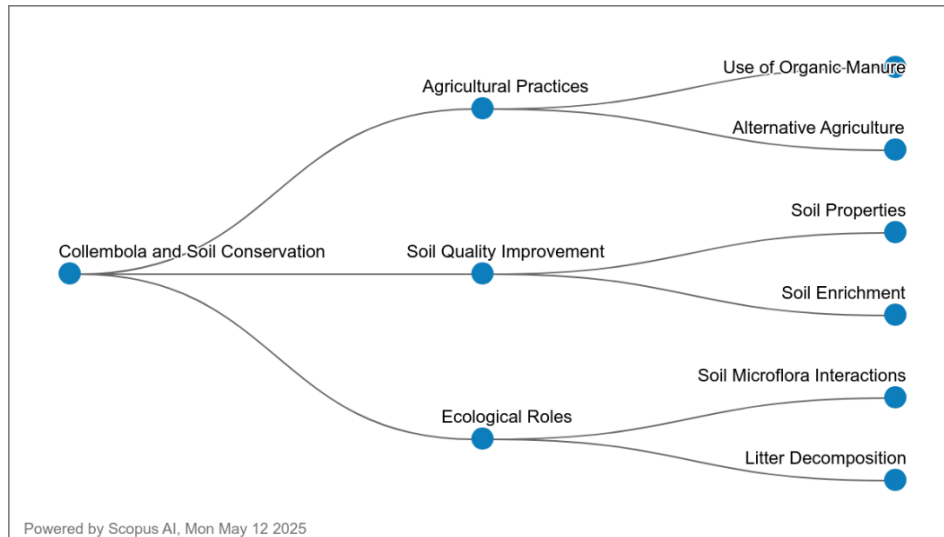
Struktur relung trofik komunitas Collembola dipengaruhi oleh penambahan nutrisi jangka panjang, menyederhanakan struktur trofik komunitas Collembola dan memengaruhi efisiensi dan jalur penyaluran energi dalam jaring makanan tanah (Pompermaier *et al.*, 2022).

Singkatnya, Collembola memainkan peran ekologis penting dalam konservasi tanah berkelanjutan dengan berkontribusi terhadap dekomposisi serasah, daur ulang hara, dan keanekaragaman hayati tanah. Dampaknya terhadap kesehatan dan keberlanjutan tanah terbukti melalui responsnya terhadap perubahan praktik pertanian dan pengaruhnya terhadap struktur dan stabilitas tanah. Mekanisme yang digunakan Collembola untuk berkontribusi terhadap konservasi tanah yang berkelanjutan meliputi responsnya terhadap penambahan hara, perubahan praktik pengelolaan, dan pengaruhnya terhadap jaring makanan tanah.

Concept map

Gambar 1. menunjukkan pemetaan konseptual yang menggambarkan hubungan antara topik utama Collembola dan Konservasi Tanah dengan berbagai faktor yang berkontribusi pada kualitas tanah dan keberlanjutan ekosistem. Peta ini memperlihatkan bagaimana Collembola terhubung dengan aspek-aspek seperti praktik pertanian,

peningkatan kualitas tanah, dan peran ekologis yang lebih luas dalam pengelolaan tanah berkelanjutan. Analisis ini memberikan wawasan tentang bagaimana interaksi mikrofauna tanah dapat mempengaruhi sifat tanah, keberagaman hayati, serta proses-proses penting seperti dekomposisi serasah dan interaksi mikroflora tanah.



Gambar 1. Concept map

Berdasarkan pemetaan konseptual yang dihasilkan oleh Scopus AI sebagaimana pada Gambar 1, dapat terlihat dengan jelas bahwa topik utama, yaitu Collembola dan Konservasi Tanah, memiliki keterkaitan yang erat dengan beberapa faktor penting dalam pengelolaan tanah berkelanjutan. Praktik pertanian dan penggunaan pupuk organik muncul sebagai faktor utama yang mempengaruhi kualitas tanah, di mana praktik pertanian yang ramah lingkungan dan penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan kesehatan tanah secara keseluruhan. Selain itu, pertanian alternatif yang lebih berkelanjutan juga menjadi titik fokus, yang memperlihatkan adanya kebutuhan untuk menggantikan metode pertanian konvensional yang dapat merusak struktur tanah. Hal ini menunjukkan pentingnya transisi menuju praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan untuk mendukung konservasi tanah yang lebih baik.

Peningkatan kualitas tanah melalui interaksi mikrofauna tanah, termasuk peran Collembola, juga memainkan peran penting dalam proses pengayaan tanah dan stabilitas ekologis (Bender & van der Heijden, 2015; Neher & Barbercheck, 2019; Sofu *et al.*, 2020; Xiang *et al.*, 2022). Peta ini menunjukkan bahwa Collembola berkontribusi langsung dalam peningkatan kualitas tanah, baik melalui pengayaan unsur hara tanah maupun proses dekomposisi serasah. Interaksi dengan mikroflora tanah juga sangat berpengaruh, di mana Collembola membantu dalam pengolahan materi organik menjadi nutrisi yang

dapat diserap oleh tanaman. Selain itu, kontribusi Collembola dalam menjaga keragaman hayati dan peran ekologisnya dalam mengontrol erosi serta meningkatkan stabilitas tanah menunjukkan pentingnya keberadaan mereka dalam menjaga sistem tanah yang sehat dan produktif (Blouin *et al.*, 2013; Delgado-Baquerizo *et al.*, 2025; Fahad *et al.*, 2022; Giffard *et al.*, 2022; Korotkevich *et al.*, 2024). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas tanah dan mempertahankan keberlanjutan ekosistem, penting untuk memahami secara lebih mendalam bagaimana Collembola berperan dalam konteks ini.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil review dan pemetaan konseptual melalui Scopus AI, dapat disimpulkan bahwa Collembola memiliki peran penting dalam konservasi tanah berkelanjutan. Organisme ini membantu proses dekomposisi bahan organik, daur ulang nutrisi, dan menjaga struktur tanah, yang pada akhirnya mendukung kesehatan ekosistem tanah. Selain itu, Collembola juga berperan sebagai bioindikator yang sensitif terhadap perubahan lingkungan, sehingga berguna untuk menilai dampak praktik pertanian terhadap kualitas tanah.

Praktik pertanian ramah lingkungan seperti pengolahan tanah minimum, penggunaan pupuk kandang dan jerami, serta sistem tanam beragam, terbukti meningkatkan keberagaman dan populasi Collembola. Hal ini tidak hanya memperkuat fungsi tanah, tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim dan tekanan lingkungan lainnya. Peran Collembola dalam memperbaiki porositas tanah, mempercepat pelapukan bahan organik, dan mendukung interaksi mikroba menjadikannya sangat penting di tengah isu degradasi lahan dan krisis iklim.

Transisi menuju pertanian berkelanjutan yang memperhatikan fauna tanah seperti Collembola menjadi semakin mendesak. Kolaborasi antara ilmu ekologi tanah dan praktik pertanian modern dapat menjadi kunci konservasi tanah jangka panjang. Meski demikian, penelitian lebih lanjut tetap diperlukan untuk memahami respons Collembola terhadap perubahan iklim, intensifikasi pertanian, dan konversi lahan.

Ke depan, riset perlu difokuskan pada mekanisme kontribusi Collembola terhadap struktur tanah, dampak berbagai praktik pertanian terhadap komunitasnya, serta interaksinya dengan mikroflora tanah. Pemahaman ini akan membantu menyusun strategi pengelolaan tanah yang lebih adaptif dan berkelanjutan. Penyusunan peta konseptual yang mengintegrasikan temuan-temuan ini juga dapat mendukung kebijakan konservasi

tanah yang selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) dan tantangan lingkungan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, S., I Albaladejo, J., Díaz-Pereira, E., & de Vente, J. (2021). Eco-holistic soil conservation to support land degradation neutrality and the sustainable development goals. *CATENA*, 196, 104823. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104823>
- Balzan, M. V., Sadula, R., & Scalvenzi, L. (2020). Assessing ecosystem services supplied by agroecosystems in Mediterranean Europe: A literature review. *Land*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/land9080245>
- Bender, S. F., & van der Heijden, M. G. A. (2015). Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of Applied Ecology*, 52(1), 228–239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2664.12351>
- Blouin, M., Hodson, M. E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K. R., Dai, J., Dendooven, L., Peres, G., Tondoh, J. E., Cluzeau, D., & Brun, J.-J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*, 64(2), 161–182. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ejss.12025>
- Brennan, A., Fortune, T., & Bolger, T. (2006). Collembola abundances and assemblage structures in conventionally tilled and conservation tillage arable systems. *Pedobiologia*, 50(2), 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2005.09.004>
- Briones, M. J. I. (2014). Soil fauna and soil functions: A jigsaw puzzle. *Frontiers in Environmental Science*, 2(APR), 1–22. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00007>
- Chang, W., Zhang, P., Li, J., Aspe, N. M., Hao, J., Lu, S., Wan, Z., & Wu, D. (2024). Impacts of millipedes on acari and collembola communities—A microcosm experiment. In *Insects* (Vol. 15, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/insects15060456>
- Chassain, J., Joimel, S., & Vieublé Gonod, L. (2023). Collembola taxonomic and functional diversity in conventional, organic and conservation cropping systems. *European Journal of Soil Biology*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2023.103530>
- Collins, C., Dennehy, D., Conboy, K., & Mikalef, P. (2021). Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda. *International Journal of Information Management*, 60, 102383. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102383>
- Coulibaly, S. F. M., Coudrain, V., Hedde, M., Brunet, N., Mary, B., Recous, S., & Chauvat, M. (2017). Effect of different crop management practices on soil Collembola assemblages: A 4-year follow-up. *Applied Soil Ecology*, 119, 354–366. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.013>
- Cuartero, J., Brunner, I., Schaub, M., Gwiazdowicz, D. J., Skubała, P., Qin, J., Krogh, P. H., & Frey, B. (2025). Comparing soil microarthropod communities derived directly from soil DNA metabarcoding with those from morphological assessment in a drought-prone and irrigated pine forest. *Applied Soil Ecology*, 209, 106042. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2025.106042>
- Culliney, T. W. (2013). Role of arthropods in maintaining soil fertility. *Agriculture*, 3(4), 629–659. <https://doi.org/10.3390/agriculture3040629>
- D’Annibale, A., Labouriau, R., Sørensen, P., Krogh, P. H., Christensen, B. T., & Eriksen, J. (2019). Effect of acidified cattle slurry on a soil collembolan community: A mesocosm study. *European Journal of Soil Biology*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.103117>
- da Costa, A. M., Fernandes, L. F. S., Pacheco, F. A. L., & Valera, C. A. (2025). Quality indicators to subsidize soil conservation under pasture in Brazil. *Land Degradation & Development*, 36(7), 2385–2404. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ldr.5504>
- de Oliveira Filho, L. C. I., Zeppelini, D., Sousa, J. P., Baretta, D., & Klauberg-Filho, O. (2020). Collembola community structure under different land management in subtropical Brazil. *Annals of Applied Biology*, 177(3), 294–307. <https://doi.org/10.1111/aab.12622>
- Delgado-Baquerizo, M., Eldridge, D. J., Liu, Y. R., Liu, Z. W., Coleine, C., & Trivedi, P. (2025). Soil biodiversity and function under global change. *PLoS Biology*, 23(3 March), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3003093>
- Elsevier. (2024). *Scopus AI: Trusted content. Powered by responsible AI*. Elsevier.
- ETH Zurich. (2025). *Discover the new AI-powered tools by the ETH Library: Scopus AI and Scite*. ETH Zurich. <https://library.ethz.ch/en/news-and-courses/news/news-articles/2025/02/discover-the-new-ai-powered-tools-by-the-eth-library-scopus-ai-and-scite.html>
- Fahad, S., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., Pradhan, A., Jinger, D., Rawale, G., Yadav, D. K., Kumar, V., Farooq, T. H., Ali, B., Sawant, A. V., Saud, S., Chen, S., & Poczai, P.

- (2022). Agroforestry systems for soil health improvement and maintenance. *Sustainability*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142214877>
- Fiorentino, A., Rajput, F. Z., Di Serio, A., Baldi, V., Guarino, F., Baldantoni, D., Ronga, D., Mazzei, P., Motta, O., Falanga, M., Cicatelli, A., & Castiglione, S. (2025). Role of plants and urban soils in carbon stock: Status, modulators, and sustainable management practices. *Plants*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/plants14040546>
- Giffard, B., Winter, S., Guidoni, S., Nicolai, A., Castaldini, M., Cluzeau, D., Coll, P., Cortet, J., Le Cadre, E., d'Errico, G., Forneck, A., Gagnarli, E., Griesser, M., Guernion, M., Lagomarsino, A., Landi, S., Bissonnais, Y. Le, Mania, E., Mocali, S., ... Leyer, I. (2022). Vineyard management and its impacts on soil biodiversity, functions, and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10(July). <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.850272>
- Gonçalves, F., Carlos, C., Crespo, L., Zina, V., Oliveira, A., Salvação, J., Pereira, J. A., & Torres, L. (2021). Soil arthropods in the Douro Demarcated Region Vineyards: General characteristics and ecosystem services provided. *Sustainability*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147837>
- Gruss, I., Lallaouana, R., Twardowski, J., Magiera-Dulewicz, J., & Twardowska, K. (2024). Collembola growth in heavy metal-contaminated soils. *Scientific Reports*, 14(1), 27998. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79766-5>
- Harta, I., Simon, B., Vinogradov, S., & Winkler, D. (2021). Collembola communities and soil conditions in forest plantations established in an intensively managed agricultural area. *Journal of Forestry Research*, 32(5), 1819–1832. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01238-z>
- Hishi, T., Kawakami, E., & Katayama, A. (2022). Changes in the abundance and species diversity of Collembola community along with dwarf bamboo density gradient in a mountainous temperate forest of Japan. *Applied Soil Ecology*, 180, 104606. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104606>
- Husamah, H. (2014). *Struktur komunitas collembola tanah pada tipe habitat hutan, pertanian, dan pemukiman sepanjang daerah aliran Sungai Brantas Hulu Kota Batu sebagai bahan pengembangan buku pengayaan ekologi hewan tanah di perguruan tinggi* (Issue 1). Universitas Negeri Malang.
- Husamah, H., Rahardjanto, A., & Hudha, A. M. (2017). *Ekologi hewan tanah*. UMM Press.
- Husamah, H., Rohman, F., & Sutomo, H. (2016). The community structure of Collembola in three type of habitats along the upstream Brantas River Basin of Batu City. *BIOEDUKASI*, 9(1), 45–50.
- Joimel, S, Jules, A., & Vieublé Gonod, L. (2022). Collembola dispersion, selection, and biological interactions in urban ecosystems: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(3), 2123–2133. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01406-z>
- Joimel, Sophie, Chassain, J., Artru, M., & Faburé, J. (2022). Collembola are among the most pesticide-sensitive soil fauna groups: A meta-analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 41(10), 2333–2341. <https://doi.org/10.1002/etc.5428>
- Joimel, Sophie, Schwartz, C., Bonfanti, J., Hedde, M., Krogh, P. H., Pérès, G., Pernin, C., Rakoto, A., Salmon, S., Santorufo, L., & Cortet, J. (2021). Functional and taxonomic diversity of collembola as complementary tools to assess land use effects on soils biodiversity. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9(July), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.630919>
- Korotkevich, A. Y., Kuznetsova, N. A., & Goncharov, A. A. (2024). Effect of detrital subsidy on the Collembola community structure in winter wheat agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 203, 105676. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105676>
- Lagendijk, D. D. G., Cueva-Arias, D., Van Oosten, A. R., & Berg, M. P. (2022). Impact of three co-occurring physical ecosystem engineers on soil Collembola communities. *Oecologia*, 198(4), 1085–1096. <https://doi.org/10.1007/s00442-022-05152-5>
- LibCognizance. (2024). *Elsevier Scopus AI: cutting-edge AI for improved scholarly research*. LibCognizance. <https://www.libcognizance.com/2024/02/elsevier-introduces-scopus-ai-advanced.html>
- Liu, Y., Wang, B., Wang, Y., Gao, Q., Yao, F., Wu, H., & Sun, X. (2025). Intercropping outweighs straw incorporation driving community and functional diversity of microarthropods after 5 years of tillage practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 377. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109251>
- Mamabolo, E., Pryke, J. S., & Gaigher, R. (2024). Soil fauna diversity is enhanced by vegetation complexity and no-till planting in regenerative agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 367. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108973>
- Mawan, A., Hartke, T. R., Deharveng, L., Zhang, F., Buchori, D., Scheu, S., & Drescher, J. (2022). Response of arboreal Collembola communities to the conversion of lowland rainforest into rubber and oil palm plantations. *BMC Ecology and Evolution*, 22(1), 144. <https://doi.org/10.1186/s12862-022-02095-6>

- Natalio, A. I. M., Back, M. A., Richards, A., & Jeffery, S. (2024). Dynamics of Collembola ecomorphological groups within a no-till arable system. *Agricultural and Forest Entomology*. <https://doi.org/10.1111/afe.12666>
- Neher, D. A., & Barbercheck, M. E. (2019). Soil Microarthropods and soil health: Intersection of decomposition and pest suppression in agroecosystems. *Insects*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/insects10120414>
- Pandian, K., Mustaffa, M. R. A. F., Mahalingam, G., Paramasivam, A., John Prince, A., Gajendiren, M., Rafiqi Mohammad, A. R., & Varanasi, S. T. (2024). Synergistic conservation approaches for nurturing soil, food security and human health towards sustainable development goals. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 16, 100479. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2024.100479>
- Pompermaier, V. T., Potapov, A. M., & Nardoto, G. B. (2022). Legacy effects of nutrient addition reduces and displaces trophic niches in Collembola communities in a Brazilian woodland savanna. *Applied Soil Ecology*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104547>
- Potapov, A. M., Beaulieu, F., Birkhofer, K., Bluhm, S. L., Degtyarev, M. I., Devetter, M., Goncharov, A. A., Gongalsky, K. B., Klarner, B., Korobushkin, D. I., Liebke, D. F., Maraun, M., Mc Donnell, R. J., Pollierer, M. M., Schaefer, I., Shrubovych, J., Semenyuk, I. I., Sendra, A., Tuma, J., ... Scheu, S. (2022). Feeding habits and multifunctional classification of soil-associated consumers from protists to vertebrates. *Biological Reviews*, 97(3), 1057–1117. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/brv.12832>
- Preisler, A. (2024). *Correctness and Quality of References generated by AI-based Research Assistant Tools: The Case of SCOPUS AI, ELICIT, SCISPACE and SCITE in the Field of Business Administration* (Issue September). University of Graz.
- Schröder, P. (2008). Mesofauna. In *Perspectives for agroecosystem management: balancing environmental and socio-economic demands* (pp. 293–306). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044451905-4.50012-X>
- Siddiky, M. R. K., Schaller, J., Caruso, T., & Rillig, M. C. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi and collembola non-additively increase soil aggregation. *Soil Biology and Biochemistry*, 47, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.12.022>
- Sofa, A., Mininni, A. N., & Ricciuti, P. (2020). Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>
- Steffen, R. B., Antonioli, Z. I., & Steffen, G. P. K. (2007). Native collembola reproduction in laboratory conditions. *Ciencia Florestal*, 17(3), 265–269. <https://doi.org/10.5902/198050981958>
- Supriyono, Wibawa, A. P., Suyono, & Kurniawan, F. (2024). Advancements in natural language processing: Implications, challenges, and future directions. *Telematics and Informatics Reports*, 16, 100173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.teler.2024.100173>
- Telo da Gama, J. (2023). The role of soils in sustainability, climate change, and ecosystem services: Challenges and opportunities. *Ecologies*, 4(3), 552–567. <https://doi.org/10.3390/ecologies4030036>
- Theißen, B., & Russell, D. J. (2009). The relevance of collembola in monitoring soil-ecological effects of GMOs. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 69(10), 391–394. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77954496504&partnerID=40&md5=8870a1dda855b1c1f68765794b0e929c>
- Tóth, Z., Vasileiadis, V. P., & Dombos, M. (2025). An arthropod-based assessment of biological soil quality in winter wheat fields across Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 378. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109325>
- Vanhée, B., & Devigne, C. (2018). Differences in collembola species assemblages (Arthropoda) between spoil tips and surrounding environments are dependent on vegetation development. *Scientific Reports*, 8(1), 18067. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36315-1>
- Winter, S., Bauer, T., Strauss, P., Kratschmer, S., Paredes, D., Popescu, D., Landa, B., Guzmán, G., Gómez, J. A., Guernion, M., Zaller, J. G., & Batáry, P. (2018). Effects of vegetation management intensity on biodiversity and ecosystem services in vineyards: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2484–2495. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2664.13124>
- Xiang, Q., Chen, Q.-L., Yang, X.-R., Li, G., & Zhu, D. (2022). Soil mesofauna alter the balance between stochastic and deterministic processes in the plastisphere during microbial succession. *Science of The Total Environment*, 849, 157820. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157820>
- Yang, X., Li, G., & Xiu, W. (2025). Responses of a soil-inhabiting collembolan (*Entomobrya proxima* Folsom) to organic fertilizer addition illustrated by functional traits and gut bacterial community. *Frontiers in Microbiology*, 16(February), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1509447>
- Yin, R., Gruss, I., Eisenhauer, N., Kardol, P., Thakur, M. P., Schmidt, A., Xu, Z., Siebert, J., Zhang, C., Wu, G.-L., & Schädler, M. (2019). Land use modulates the effects of climate change on density but not community

- composition of Collembola. *Soil Biology and Biochemistry*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107598>
- Yu, D., Yao, J., Chen, X., Sun, J., Wei, Y., Cheng, Y., Hu, F., & Liu, M. (2022). Ecological intensification alters the trait-based responses of soil microarthropods to extreme precipitation in agroecosystem. *Geoderma*, 422. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115956>
- Zhang, Y., Zhang, A.-J., Luo, R.-Y., & Pang, X.-Y. (2022). Response of soil Collembola to nitrogen and phosphorus deposition: A review. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 33(9), 2585–2592. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202209.034>
- nayah, B., Febrianti, A. B., & Nafisa, S. (2020). Acute and Subchronic Toxicity of *Momordica charantia* L Fruits Ethanolic Extract in Liver and Kidney. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(12).