



Biogenerasi Vol 10 No 4, 2025

Biogenerasi

Jurnal Pendidikan Biologi
<https://e-journal.my.id/biogenerasi>



ANALISIS KOMPARATIF KERAGAMAN SERANGGA TANAH DIURNAL PADA PERKEBUNAN KOPI BERDASARKAN PREDIKSI AI DAN EKSPLORASI LAPANGAN

¹Aril Afandi, ¹Winarno Winarno, ²Suhada Suhada, ¹Annisa Lidya Maharani, ¹Anggi Safitri, ¹Nur Ayu Saputri, ¹Nabila Aulia Rhamadaningtyas, ¹Yolande Cathleya Soegiharto, ¹Vivin Apriani, ¹Asyifa Zahara Fitriyah, ¹M. Idris Afta Pratama, ¹Cindy Ameliya Vega, ¹Arrahmaan Syah Pawaka, ¹Rama Arsalta Bara Saputra, ³Syarif Hidayat Amrullah, ⁴M. Iqbal Parabi, ¹Elly Lestari Rustiati, ¹Gina Dania Pratami, ²Nindy Permatasari, ^{1*}Priyambodo Priyambodo

¹Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung, 35145, Indonesia

²Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Lampung, 35144, Indonesia

³Jurusan Biologi, FST, UIN Alauddin Makassar, 92118, Indonesia

⁴Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Lampung, 35145, Indonesia

*Corresponding author e-mail: priyambodo@fmipa.unila.ac.id

DOI: 10.30605/biogenerasi.v10i4.7121

Accepted: 13 Oktober 2025 Approved: 3 November 2025 Published: 4 November 2025

Abstract

Soil insects play a crucial role in maintaining ecosystem balance and supporting soil fertility, particularly within coffee plantation ecosystems. This study aims to analyze the diversity of soil insects by comparing results from artificial intelligence (AI)-based predictions and field explorations to obtain a comprehensive understanding of community structure. The research was conducted in a smallholder coffee plantation located in Wiyono Village, Pesawaran Regency, Lampung. Field data were collected using the pitfall trap method, while AI-based predictions were generated utilizing a dataset derived from 14 relevant scientific publications. Data analysis employed the Shannon-Wiener diversity index (H') to evaluate differences between predicted and observed results. The findings revealed that the AI-based prediction estimated an H' value of 1.787 (moderate diversity), whereas the field exploration yielded an H' value of 0.428 (low diversity). This discrepancy is influenced by dataset limitations, species dominance, and selectivity inherent in the sampling method. The results highlight the importance of integrating AI-based predictive approaches with field validation to enhance the accuracy of biodiversity assessments. This study contributes to the development of AI-driven prediction models and supports sustainable management of coffee plantation ecosystems.

Keywords: *artificial intelligence; coffee plantations; pitfall trap; soil insect diversity*

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis Indonesia yang memiliki peranan penting dalam aspek ekonomi, sosial, dan ekologi (Amanda dkk., 2023; Tarmimi dkk., 2022; Sari dkk., 2025)). Indonesia menempati posisi sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia, dengan beragam varietas kopi yang memiliki nilai jual tinggi di pasar domestik maupun internasional (Ibnu dkk., 2022)). Dalam satu dekade terakhir, industri kopi nasional mengalami pertumbuhan pesat, tercermin dari meningkatnya tren konsumsi, maraknya pembukaan *coffee shop*, serta inovasi produk berbasis kopi di berbagai daerah (Ali dkk., 2025; Hidayat dkk., 2023). Fenomena ini menunjukkan bahwa kopi tidak lagi sekadar komoditas pertanian, melainkan telah menjadi bagian dari gaya hidup modern (Selvi dkk., 2021). Lonjakan minat ini memicu tingginya permintaan pasar, sehingga keberlanjutan produksi kopi menjadi tantangan penting yang menuntut penerapan strategi budidaya berbasis pengetahuan ilmiah dan teknologi terintegrasi (Evizal dkk., 2020). Tanpa pengelolaan yang tepat, keberlanjutan produktivitas perkebunan kopi dapat terancam oleh degradasi lingkungan, penurunan kesuburan tanah, dan ketidakseimbangan ekosistem pendukungnya (Fajar dkk., 2023).

Keberhasilan dalam mengelola perkebunan kopi tidak hanya bergantung pada praktik budidaya tanaman, tetapi juga pada pemahaman menyeluruh mengenai dinamika ekosistemnya (Martin dkk., 2016). Dalam konteks ini, serangga memainkan peran penting sebagai komponen kunci dalam menjaga stabilitas ekologi dan keberlanjutan produksi kopi (Rachmanita dkk., 2021). Di antara berbagai kelompok serangga, serangga tanah diurnal memiliki kontribusi yang signifikan terhadap proses dekomposisi bahan organik, peningkatan aerasi tanah, pengayaan nutrisi, serta pengendalian hayati hama melalui interaksi trofik yang kompleks (Samsiyah, 2022). Keberadaan dan keragaman komunitas serangga tanah juga berfungsi sebagai bioindikator kondisi kesehatan tanah, sehingga dapat mencerminkan kualitas ekosistem perkebunan kopi secara keseluruhan (Prasetyo dkk., 2025). Meski demikian, riset tentang keragaman serangga tanah, khususnya di ekosistem perkebunan kopi tropis, masih relatif

terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan eksplorasi konvensional yang memerlukan waktu, tenaga, dan sumber daya yang besar. Padahal, percepatan pengumpulan dan analisis data biodiversitas sangat diperlukan untuk mendukung praktik budidaya kopi yang berkelanjutan di era modern.

Di sisi lain, perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence/ AI*) dalam dekade terakhir menghadirkan peluang transformasi paradigma dalam bidang ekologi, biodiversitas, dan pertanian presisi (Aderale *et al.*, 2025). AI menawarkan kemampuan menganalisis pola-pola kompleks dari *dataset* berukuran besar dan heterogen, sehingga dapat memberikan prediksi dengan tingkat akurasi tinggi dalam waktu relatif singkat (Waseem *et al.*, 2025). Dalam konteks penelitian biodiversitas, model prediktif berbasis AI memungkinkan pemetaan keragaman dan distribusi serangga tanah pada perkebunan kopi dengan memanfaatkan *dataset* hasil penelitian terdahulu. Pendekatan ini membuka peluang percepatan riset ekologi, namun tetap menyisakan tantangan penting, yaitu validasi prediksi. Hasil pemodelan AI hanya dapat diandalkan apabila dikonfirmasi melalui eksplorasi lapangan, karena prediksi algoritma berpotensi bias jika data latihnya terbatas atau tidak representatif terhadap kondisi aktual ekosistem.

Berdasarkan tantangan tersebut, penelitian ini dirancang untuk melakukan analisis komparatif keragaman serangga tanah diurnal pada perkebunan kopi dengan mengintegrasikan hasil prediksi AI dan data eksplorasi lapangan. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan menilai konsistensi dan akurasi prediksi AI, tetapi juga mengevaluasi sejauh mana model mampu menangkap keragaman aktual di lapangan. Dengan demikian, penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metodologi pemantauan biodiversitas berbasis teknologi, sekaligus mendukung perancangan strategi pengelolaan perkebunan kopi yang lebih adaptif dan berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat memperluas pemanfaatan AI dalam kajian ekologi tropis, memberikan bukti empiris tentang efektivitasnya, serta menjadi dasar integrasi teknologi prediktif dalam konservasi keanekaragaman hayati.

ChatGPT telah menjadi salah satu AI paling populer yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk di bidang pelaksanaan prediksi suatu hal (Chatterji *et al.*, 2025). Kemampuannya dalam menghasilkan bahasa yang mirip manusia membuatnya sangat efektif untuk berinteraksi dan memberikan analisis berdasarkan data yang ada (Rice *et al.*, 2024). Dalam penelitian terbaru, ChatGPT telah terbukti memiliki potensi yang signifikan dalam memprediksi berbagai kondisi medis, seperti dalam triase medis darurat dan deteksi sepsis, dengan hasil yang menunjukkan akurasi tinggi (Patrinos *et al.*, 2023). Dengan terus dilatih menggunakan pengetahuan medis yang lebih mendalam, ChatGPT dapat meningkatkan kemampuan prediksinya dalam berbagai kategori, menjadikannya alat yang sangat berharga untuk aplikasi medis yang lebih luas.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Agustus 2025 di Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Betung, yang terletak di Desa Wiyono, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan survei pendahuluan karena wilayah ini memiliki karakteristik ekosistem kopi rakyat yang khas, dengan topografi berbukit, ketinggian 442 meter di atas permukaan laut, suhu harian adalah 27°C, serta kelembaban relatif pada angka 83%. Kondisi lingkungan tersebut mendukung keberagaman fauna tanah dan menjadi representasi ekosistem perkebunan kopi tropis.

Prediksi AI

Prediksi keragaman serangga tanah diurnal dilakukan dengan memanfaatkan

dataset sekunder yang diperoleh dari 14 penelitian terdahulu terkait biodiversitas serangga tanah pada ekosistem perkebunan kopi dan agroforestri tropis (Tabel 1). *Dataset* ini mencakup informasi mengenai komposisi spesies, kepadatan populasi, dan faktor abiotik (suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya).

Proses prediksi menggunakan pendekatan AI. Jeni AI ChatGPT 4.0 digunakan dengan metode *prompting* berbasis C-A-R-E (*Context, Action, Result, Example*). Tahapan ini dilakukan dengan cara memasukkan informasi ekologis hasil survei pendahuluan, hasil *dataset mining*, dan informasi relevan ke dalam model AI untuk menghasilkan prediksi mengenai keragaman serangga tanah. Model kemudian menghasilkan ragam spesies dan estimasi jumlah spesies masing-masing.

Eksplorasi Lapangan

Eksplorasi lapangan dilaksanakan untuk memperoleh data aktual mengenai keragaman serangga tanah diurnal dan memvalidasi hasil prediksi AI. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *pitfall trap* karena efektivitasnya dalam menangkap serangga tanah yang aktif di permukaan tanah (Peixoto *et al.*, 2024).

Sebanyak 30 titik *sampling* ditetapkan secara sistematis di area perkebunan kopi dengan jarak antarperangkap ± 4 meter (Gambar 1). Setiap perangkap berupa gelas plastik berdiameter 7,5 cm dan tinggi 9 cm, diisi dengan 70 ml larutan deterjen encer sebagai media penjebak. Setiap *pitfall trap* dilengkapi dengan varian atraktan berupa gula, feses, dan buah (Delgado *et al.*, 2022; Jaya dkk., 2018). Perangkap dipasang pada pukul 08.00 WIB dan dibiarkan selama 6 jam untuk mengakomodasi aktivitas serangga tanah diurnal.

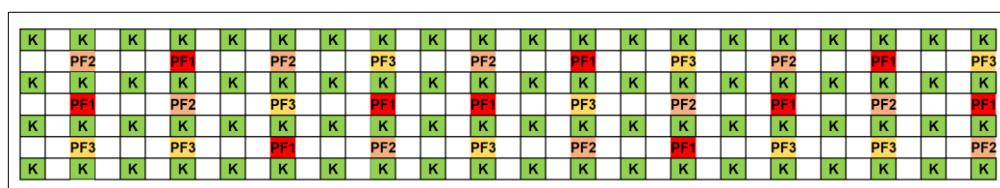
Tabel 1. Sumber *Dataset* Prediktor AI

No.	Judul	Penulis Utama	Tahun Penelitian	Lokasi Penelitian
1	Kelimpahan Jenis-Jenis Serangga Permukaan Tanah pada Perkebunan Kopi (<i>Coffea</i> Sp.) ...	Ike Septa	2022	Ngada, Indonesia
2	Pengaruh Vegetasi di Perkebunan Kopi Robusta Terhadap Keanekaragaman ...	Kunni Lailatus Salamah	2022 - 2023	Jember, Indonesia
3	Keanekaragaman dan Kelimpahan Ordo Coleoptera pada Perkebunan Kopi di Jawa Timur	Khalid Atthariq Wiraguna Aseran	2021 - 2022	Pasuruan dan Malang, Indonesia
4	Keanekaragaman Serangga Tanah di Taman Wisata Alam (TWA) Batuputih	Nita Patale	2021	Bitung, Indonesia
5	Keanekaragaman Serangga Permukaan Tanah Pada Agroforestri Kopi Sederhana dan Agroforestri Kopi Kompleks di Kecamatan Ngantang ...	Raras Sayekti	2020	Malang, Indonesia

No.	Judul	Penulis Utama	Tahun Penelitian	Lokasi Penelitian
6	Efek Tiga Jenis Pohon Penaung terhadap Keragaman Serangga pada Pertanaman Kopi ...	Siska Rasiska	2017	Bandung, Indonesia
7	Keanekaragaman Serangga di Perkebunan Kopi dengan Strata Umur yang Berbeda di Desa ...	Niko Alexander	2020	Kepahiang, Indonesia
8	Studi Keanekaragaman Serangga pada Perkebunan Kopi Sipirok (<i>Coffea Arabica</i> L.)	Sri Rahmi Tanjung	2023	Tapanuli Selatan, Indonesia
9	Keanekaragaman Jenis Serangga pada Tanaman Kopi (<i>Coffea Arabica</i>) di Kecamatan ...	Nopriyeni	2021	Kepahiang, Indonesia
10	Keanekaragaman Serangga di Pertanaman Kopi Pada Tiga Jenis Pohon Penaung	Susilawati	2019	Sukabumi, Indonesia
11	<i>Exploration of Macrofauna in Coffee Plants</i>	Raja A Siregar	2018	Medan, Indonesia
12	Keanekaragaman Serangga di Perkebunan Kopi Excelsa Desa Panglungan Kabupaten Jombang	Lucky Aulia Ayu	2020	Jombang, Indonesia
13	<i>Soil Macrofauna in Agroecosystems of Coffea Arabica L., in Tepec-Xomolth, Nicaragua</i>	Juan Carlos Morán Centeno	2023	Nicaragua
14	<i>Ant Communities and Their Trophobionts Shape the Incidence of Pests and Diseases ...</i>	Faiz Nashiruddin Muhammad	2022	Malang, Indonesia

Spesimen yang terperangkap kemudian diidentifikasi hingga tingkat morfospesies menggunakan panduan buku *Introduction to the Study of Insects* (Borror & DeLong, 1954), *The Pests of Crops in Indonesia* (Kalshoven, 1950) dan Kunci Determinasi Serangga (Lilies, 1991).

Selama proses eksplorasi, dilakukan pula pencatatan variabel lingkungan seperti suhu udara, kelembaban tanah, intensitas cahaya, pH tanah, dan faktor abiotik lainnya dengan pola keragaman serangga tanah.



Gambar 1. Titik *sampling* serangga diurnal (K: titik tanaman kopi, PF1: titik peletakan *pitfall trap* dengan atraktan gula, PF2: titik peletakan *pitfall trap* dengan atraktan buah, PF3: titik peletakan *pitfall trap* dengan atraktan feses).

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi AI dan data eksplorasi lapangan. Perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') (Baeza *et al.*, 2017). Nilai H' menunjukkan tingkat keanekaragaman komunitas, di mana semakin tinggi nilai H' maka semakin besar keragaman spesies. Hasil perhitungan tersebut dibandingkan untuk menilai konsistensi, akurasi, dan potensi bias prediksi model AI terhadap kondisi aktual di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman Serangga Tanah Berdasarkan Prediksi AI

Berdasarkan hasil pemodelan prediktif berbasis AI berdasarkan *dataset* dari 14 artikel publikasi, diperoleh estimasi komposisi dan kelimpahan serangga tanah yang berpotensi tertangkap menggunakan *pitfall trap* pada perkebunan kopi dengan kondisi lingkungan tertentu, yaitu suhu udara 27 °C, kelembaban udara 83%, intensitas cahaya 468 lux, pH tanah 7, kelembaban tanah 5,8%, ketinggian 442 mdpl, dan kondisi cuaca hujan. Prediksi ini mempertimbangkan kemiripan parameter lingkungan antara lokasi penelitian dan *dataset* referensi, sehingga menghasilkan daftar takson yang paling mungkin hadir di lapangan. Tabel 2 berikut menyajikan informasi lengkap mengenai nama lokal, nama ilmiah, serta perkiraan jumlah individu yang berpotensi terperangkap, memberikan dasar ilmiah untuk

mendukung perencanaan eksplorasi dan analisis keanekaragaman serangga tanah pada ekosistem perkebunan kopi.

Tabel 2 menyajikan hasil prediksi AI mengenai keragaman dan jumlah individu serangga tanah yang berpotensi ditemukan pada ekosistem perkebunan kopi berdasarkan parameter lingkungan yang telah ditetapkan. Prediksi ini menunjukkan keberagaman komunitas serangga yang cukup tinggi, dengan total lebih dari 6.000 individu yang terbagi ke dalam berbagai takson. Kelompok serangga dominan didominasi oleh ordo *Coleoptera* dan

Hymenoptera, yang dikenal memiliki peran ekologis penting seperti dekomposer, polinator, serta pengendali hayati pada perkebunan kopi (Usnaddinovich *et al.*, 2025; Escobar-González *et al.*, 2024; Girsang dkk., 2020). Selain itu, beberapa takson lain seperti *Blattodea*, *Dermaptera*, dan *Hemiptera* juga terprediksi hadir, meskipun dengan jumlah individu yang relatif lebih rendah. Data ini menunjukkan bahwa struktur komunitas serangga tanah pada perkebunan kopi cenderung kompleks, melibatkan interaksi ekologi antarspesies yang beragam (Kinasih dkk., 2016; Moreira *et al.*, 2019).

Tabel 2. Hasil Prediksi AI atas Keragaman dan Jumlah Jenis Serangga Tanah

Nama Lokal	Nama Ilmiah	Prediksi Jumlah Individu
Rayap	<i>Asida sabulosa</i>	2.907
	<i>Hymenoptera</i> (ord.)	1.684
	<i>Termitidae</i> (fam.)	1.534
	<i>Coleoptera</i> (ord.)	572
	<i>Scarabaeidae</i> (fam.)	403
	<i>Xylosandrus</i> sp.	277
Semut hitam tropis	<i>Anthicidae</i> (fam.)	121
	<i>Dolichoderus thoracicus</i>	92
	<i>Halyomorpha halys</i>	41
	<i>Gryllus bimaculatus</i>	41
Kutu perisai cokelat	<i>Cicindela ancocisconensis</i>	29
	<i>Lebia</i> sp.	28
	<i>Anisolabididae</i> (fam.)	21
Cucut telinga	<i>Cicindela punctulata</i>	17
	<i>Anoplolepis</i> sp.	16
Semut gula	<i>Calosoma</i> sp.	13
	<i>Pheropsophus occipitalis</i>	12
	<i>Dromius</i> sp.	9
	<i>Pterostichus</i> sp.	5
	<i>Anobiidae</i> (fam.)	5
Semut tukang kayu	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	4
	<i>Byturidae</i> (fam.)	4
	<i>Chlaenius cambodiensis</i>	2
Kecoak tanah	<i>Pycnoscelus</i> sp.	2
	<i>Bostrichidae</i> (fam.)	2
	<i>Monochamus</i> sp.	1
	<i>Cryptocercus</i> sp.	1

Berdasarkan hasil prediksi, spesies dengan populasi tertinggi adalah *Asida sabulosa* (Ordo *Coleoptera*, Famili *Tenebrionidae*) dengan perkiraan 2.907 individu. Kelimpahan tinggi *spesies* ini kemungkinan disebabkan oleh

kemampuannya beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan, toleransi terhadap fluktuasi kelembaban tanah, serta perannya sebagai detritivor yang memanfaatkan bahan organik melimpah di perkebunan kopi (Nestel *et al.*,

1993). Sebaliknya, beberapa takson diprediksi memiliki jumlah individu yang sangat rendah, seperti *Monochamus* sp., *Cryptocercus* sp., dan *Bostrichidae* (fam.), masing-masing hanya sekitar 1 hingga 2 individu saja. Populasi rendah ini diduga berkaitan dengan keterbatasan sumber pakan, preferensi habitat yang lebih spesifik, atau kompetisi antarspesies yang tinggi di lingkungan tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun komunitas serangga tanah pada perkebunan kopi bersifat kaya dan beragam, distribusi kelimpahan tiap spesies cenderung tidak merata, dengan beberapa spesies mendominasi ekosistem sementara yang lain berperan dalam *niche* ekologi yang lebih sempit (Santos *et al.*, 2018).

Keanekaragaman Serangga Tanah Berdasarkan Hasil Eksplorasi Lapangan

Setelah dilakukan pemodelan prediktif berbasis AI untuk memperkirakan potensi keanekaragaman serangga tanah pada perkebunan kopi, tahap selanjutnya adalah melakukan eksplorasi lapangan guna memvalidasi hasil prediksi tersebut. Eksplorasi

ini dilakukan menggunakan metode *pitfall trap* pada lokasi dengan kondisi lingkungan yang sesuai dengan parameter penelitian. Metode *pitfall trap* digunakan karena efektif, sederhana, dan efisien untuk menangkap serangga tanah yang aktif bergerak di permukaan, sehingga mampu merepresentasikan tentang keanekaragaman dan kelimpahan komunitas secara objektif (Hohbein *et al.*, 2018). Teknik ini juga hemat biaya, dapat diaplikasikan pada berbagai kondisi habitat, dan memberikan data yang reliabel serta terstandar untuk analisis ekologi serangga tanah (Costa-Silva *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil eksplorasi, ditemukan enam jenis serangga tanah yang berhasil terperangkap dalam *pitfall trap* (Tabel 3). Jenis yang paling dominan adalah semut hitam (*Lasius niger*) dengan jumlah 102 individu, sementara itu, sebanyak 4 individu, jangkrik (*Gryllus* sp.) sebanyak 3 individu, serta masing-masing 1 individu untuk belalang kayu (*Valanga nigricornis*), kumbang daun (*Chrysomela scripta*), dan walang sangit (*Leptocorisa oratorius*).

Tabel 3. Hasil Eksplorasi Lapangan Pada Perkebunan Kopi atas Keragaman dan Jumlah Jenis Serangga Tanah

Jenis Serangga	Jumlah Individu
Belalang kayu (<i>Valanga nigricornis</i>)	1
Jangkrik (<i>Gryllus</i> sp.)	3
Kecoa (<i>Blattodea</i>)	4
Kumbang daun (<i>Chrysomela scripta</i>)	1
Semut kebun hitam (<i>Lasius niger</i>)	102
Walang sangit (<i>Leptocorisa oratorius</i>)	1

Berdasarkan hasil eksplorasi lapangan pada Tabel 3, semut kebun hitam (*Lasius niger*) merupakan spesies yang paling banyak ditemukan dengan jumlah 102 individu. Tingginya kelimpahan spesies ini diduga berkaitan dengan perilaku sosialnya yang membentuk koloni besar dan kemampuannya beradaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk pada ekosistem perkebunan kopi (Quque *et al.*, 2020). Selain itu, ketersediaan sumber pakan yang melimpah, seperti sisa bahan organik dan nektar, menjadi faktor pendukung dominansi populasi semut pada habitat ini (Perfecto *et al.*, 2020). Sebaliknya, beberapa spesies lain seperti belalang kayu (*Valanga nigricornis*), kumbang

daun (*Chrysomela scripta*), dan walang sangit (*Leptocorisa oratorius*) hanya ditemukan masing-masing 1 individu. Rendahnya jumlah ini kemungkinan dipengaruhi oleh preferensi habitat yang lebih spesifik, ketersediaan pakan yang terbatas, serta perbedaan pola aktivitas harian, sehingga peluang tertangkap dalam *pitfall trap* menjadi lebih kecil. Hal ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi kelimpahan antarspesies pada komunitas serangga tanah di lokasi penelitian.

Indeks Keanekaragaman Serangga Tanah Berdasarkan Prediksi AI

Hasil analisis prediksi berbasis AI menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman

Shannon-Wiener (H') serangga tanah pada ekosistem perkebunan kopi mencapai 1,787 (Tabel 4). Berdasarkan hasil analisis, nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') serangga tanah pada perkebunan kopi adalah 1,787. Jika merujuk pada kriteria penilaian, nilai H' yang berada pada rentang $1 < H' < 3$ menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman serangga tanah tergolong sedang. Artinya, komunitas serangga tanah di ekosistem ini memiliki jumlah spesies yang cukup beragam dengan distribusi kelimpahan yang relatif

seimbang, meskipun terdapat beberapa spesies yang lebih dominan (Strong, 2016). Kondisi ini mengindikasikan bahwa ekosistem perkebunan kopi yang diprediksikan AI masih cukup stabil dan mendukung keberadaan berbagai jenis serangga tanah yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekologis, seperti dekomposisi bahan organik, pengendalian hayati, dan pemeliharaan kesuburan tanah (Omayio *et al.*, 2019).

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman Serangga Tanah Berdasarkan Prediksi AI

No.	Nama Ilmiah	ni	Pi	H'
1	<i>Asida sabulosa</i>	2.907	0,371	0,368
2	<i>Hymenoptera</i> (ord.)	1.684	0,215	0,330
3	<i>Termitidae</i> (fam.)	1.534	0,196	0,319
4	<i>Coleoptera</i> (ord.)	572	0,073	0,191
5	<i>Scarabaeidae</i> (fam.)	403	0,051	0,153
6	<i>Xylosandrus</i> sp.	277	0,035	0,118
7	<i>Anthicidae</i> (fam.)	121	0,015	0,064
8	<i>Dolichoderus thoracicus</i>	92	0,012	0,052
9	<i>Halyomorpha halys</i>	41	0,005	0,027
10	<i>Gryllus bimaculatus</i>	41	0,005	0,027
11	<i>Cicindela ancocisconensis</i>	29	0,004	0,021
12	<i>Lebia</i> sp.	28	0,004	0,020
13	<i>Anisolabididae</i> (fam.)	21	0,003	0,016
14	<i>Cicindela punctulata</i>	17	0,002	0,013
15	<i>Anoplolepis</i> sp.	16	0,002	0,013
16	<i>Calosoma</i> sp.	13	0,002	0,011
17	<i>Pheropsophus occipitalis</i>	12	0,002	0,010
18	<i>Dromius</i> sp.	9	0,001	0,008
19	<i>Pterostichus</i> sp.	5	0,001	0,005
20	<i>Anobiidae</i> (fam.)	5	0,001	0,005
21	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	4	0,001	0,004
22	<i>Byturidae</i> (fam.)	4	0,001	0,004
23	<i>Chlaenius cambodiensis</i>	2	0,000	0,002
24	<i>Pycnoscelus</i> sp.	2	0,000	0,002
25	<i>Bostrichidae</i> (fam.)	2	0,000	0,002
26	<i>Monochamus</i> sp.	1	0,000	0,001
27	<i>Cryptocercus</i> sp.	1	0,000	0,001
Total		N=7.843		1,787

Indeks Keanejaragaman Serangga Tanah Berdasarkan Hasil Eksplorasi Lapangan

Hasil analisis menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H')

serangga tanah pada perkebunan kopi berdasarkan eksplorasi lapangan Adalah 0,428 (Tabel 5).

Tabel 5. Indeks Keanekaragaman Serangga Tanah Berdasarkan Eksplorasi Lapangan pada Perkebunan Kopi

No	Jenis Serangga	ni	Pi	H'
1	Belalang kayu (<i>Valanga nigricornis</i>)	1	0,009	0,042
2	Jangkrik (<i>Gryllus</i> sp.)	3	0,027	0,097
3	Kecoa (<i>Blattodea</i>)	4	0,036	0,119
4	Kumbang daun (<i>Chrysomela scripta</i>)	1	0,009	0,042
5	Semut kebun hitam (<i>Lasius niger</i>)	102	0,911	0,085
6	Walang sangit (<i>Leptocorisa oratorius</i>)	1	0,009	0,042
Total		N=112		0,428

Rendahnya nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') sebesar 0,428 pada ekosistem perkebunan kopi kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor ekologis dan lingkungan. Salah satu penyebab utamanya adalah dominannya spesies tertentu, seperti semut kebun hitam (*Lasius niger*), yang mencapai proporsi lebih dari 90% dari total individu, sehingga mengurangi keseimbangan distribusi antarspesies (Verduga *et al.*, 2025). Selain itu, aktivitas pengelolaan perkebunan seperti penyiangan, penggunaan herbisida, dan pola tanam monokultur dapat menurunkan ketersediaan mikrohabitat dan sumber pakan bagi sebagian besar serangga tanah (Kurniawan dkk., 2024). Faktor lain seperti kondisi tanah, intensitas cahaya, kelembaban, dan curah hujan juga memengaruhi keberadaan serangga, di mana hanya spesies yang toleran terhadap kondisi tersebut yang mampu bertahan (Supit dkk., 2020). Kombinasi faktor-faktor ini menyebabkan rendahnya keberagaman komunitas serangga tanah dan membuat ekosistem cenderung didominasi oleh beberapa spesies yang memiliki daya adaptasi tinggi.

Analisis Komparatif Indeks Keanekaragaman Serangga Tanah

Tabel 4 dan 5 menggambarkan perbedaan yang cukup signifikan antara hasil prediksi AI dan eksplorasi lapangan terhadap indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') serangga tanah pada ekosistem perkebunan kopi. Hasil prediksi AI menunjukkan nilai H' sebesar 1,787, yang termasuk dalam kategori keanekaragaman sedang ($1 < H' < 3$). Temuan ini mengindikasikan bahwa berdasarkan data sekunder dan model prediktif, komunitas serangga tanah di perkebunan kopi diperkirakan memiliki struktur komunitas yang lebih beragam dengan distribusi kelimpahan spesies yang relatif seimbang. Model AI memanfaatkan

dataset dari berbagai penelitian terdahulu, sehingga hasilnya merepresentasikan potensi maksimal keragaman pada ekosistem perkebunan kopi yang dikelola secara optimal.

Sebaliknya, hasil eksplorasi lapangan pada lokasi penelitian menunjukkan nilai H' sebesar 0,428, yang tergolong dalam kategori keanekaragaman rendah ($H' < 1$). Hal ini menandakan bahwa kondisi aktual di lapangan memiliki komunitas serangga tanah yang kurang beragam dan cenderung didominasi oleh satu atau beberapa spesies tertentu.

Dominansi Spesies dan Distribusi Kelimpahan

Berdasarkan hasil prediksi AI (Tabel 4), komunitas serangga tanah pada perkebunan kopi terdiri dari 27 takson dengan distribusi kelimpahan yang relatif lebih merata. Spesies *Asida sabulosa* mendominasi dengan proporsi 37,1% dari total individu, selain itu kehadiran spesies lain seperti *Hymenoptera* (ord.) dan *Termitidae* (fam.) juga memiliki kontribusi cukup besar, menunjukkan adanya keseimbangan antarspesies. Sebaliknya, hasil eksplorasi lapangan (Tabel 5) menunjukkan dominasi sangat tinggi oleh semut kebun hitam (*Lasius niger*), yang mencapai 91,1% dari total tangkapan, sementara lima spesies lainnya hanya memiliki proporsi $\leq 4\%$. Dominansi ekstrem pada satu spesies ini menyebabkan penurunan nilai keanekaragaman H' secara keseluruhan karena distribusi kelimpahan antarspesies menjadi tidak seimbang.

Faktor Penyebab Perbedaan Nilai H'

Perbedaan besar antara hasil prediksi AI dan eksplorasi lapangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, kondisi mikrohabitat pada lokasi penelitian, seperti kelembaban tanah, tutupan vegetasi, dan intensitas cahaya, sangat memengaruhi aktivitas serangga tanah,

sehingga spesies dengan toleransi lingkungan tinggi lebih mendominasi hasil tangkapan lapangan (Rohyani *et al.*, 2021). Kedua, metode sampling menggunakan *pitfall trap* berpotensi bias terhadap spesies yang lebih aktif bergerak di permukaan tanah, seperti semut, sedangkan spesies lain yang lebih pasif atau beraktivitas pada lapisan tanah lebih dalam mungkin kurang terperangkap (Noetzel *et al.*, 2018). Ketiga, hasil prediksi AI memanfaatkan data dari 14 publikasi sebelumnya yang mencakup lokasi, kondisi habitat, dan keragaman spesies yang lebih luas, sehingga estimasinya cenderung merepresentasikan potensi maksimal keanekaragaman di ekosistem perkebunan kopi, bukan kondisi aktual pada satu lokasi spesifik (Giczy *et al.*, 2022).

Prediksi AI dibangun berdasarkan data sekunder dari berbagai publikasi, sehingga akurasi hasilnya sangat bergantung pada representativitas dan keragaman data yang tersedia (Polizzi *et al.*, 2024). Apabila *dataset* kurang mencakup variasi geografis, kondisi ekosistem, serta informasi faktor abiotik yang lengkap, maka model AI cenderung memberikan hasil estimasi yang bersifat generalisasi dan tidak sepenuhnya sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Dengan demikian, keterbatasan dataset menjadi salah satu faktor penting yang turut menjelaskan kesenjangan antara hasil prediksi AI dan temuan eksplorasi langsung pada perkebunan kopi (Ghaffar *et al.*, 2023).

Keterbatasan lainnya adalah tidaknya terdapat data spesifik dari wilayah Lampung dalam *dataset*, padahal kondisi lingkungan, pengelolaan lahan, dan struktur ekosistem di wilayah ini memiliki karakteristik unik yang dapat memengaruhi komunitas serangga tanah. Selain itu, sebagian besar publikasi dalam *dataset* tidak menyertakan informasi faktor abiotik yang lengkap, seperti suhu, kelembaban, pH tanah, dan intensitas cahaya. Ketidaklengkapan informasi ini membuat model AI kurang optimal dalam memprediksi keragaman spesies secara akurat berdasarkan kondisi lingkungan nyata di lokasi penelitian. Akibatnya, hasil prediksi AI cenderung lebih bersifat generalisasi dan berpotensi berbeda dengan hasil eksplorasi lapangan yang lebih menggambarkan realitas ekosistem pada perkebunan kopi di Lampung (Corti *et al.*, 2022; Nazer *et al.*, 2023).

Implikasi Ekologis Terhadap Ekosistem Perkebunan Kopi

Nilai H' yang rendah pada eksplorasi lapangan mengindikasikan bahwa ekosistem perkebunan kopi saat ini memiliki struktur komunitas serangga tanah yang sederhana dan didominasi oleh sedikit spesies. Kondisi ini dapat memengaruhi fungsi ekosistem, seperti proses dekomposisi bahan organik, pengendalian hama alami, dan pemeliharaan kesuburan tanah. Rendahnya keanekaragaman juga dapat membuat ekosistem lebih rentan terhadap gangguan lingkungan, seperti perubahan iklim mikro, aplikasi pestisida, dan fluktuasi ketersediaan sumber pakan. Sebaliknya, hasil prediksi AI menunjukkan potensi keragaman yang lebih tinggi, sehingga memberikan indikasi bahwa melalui pengelolaan habitat dan konservasi mikrofauna, keanekaragaman serangga tanah dapat ditingkatkan untuk mendukung keberlanjutan ekosistem perkebunan kopi.

Analisis komparatif ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis AI mampu memberikan gambaran prediktif mengenai potensi keanekaragaman serangga tanah, namun validasi lapangan tetap diperlukan untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi nyata. Ke depan, diperlukan penelitian lanjutan yang mengintegrasikan pemantauan periodik, penambahan metode sampling (seperti berlapis, kombinasi *pitfall trap*, *soil core sampling*, dan *light trap*), serta analisis faktor lingkungan untuk mendapatkan estimasi yang lebih akurat. Selain itu, peningkatan keseimbangan ekosistem dapat dilakukan melalui manajemen habitat, seperti peningkatan penutupan vegetasi, pengendalian gulma berbasis hayati, dan pengurangan penggunaan pestisida sintetis. Dengan demikian, penggabungan prediksi AI dan data eksplorasi lapangan dapat menjadi pendekatan komprehensif untuk memahami pola keanekaragaman serangga tanah dan menjaga keberlanjutan produktivitas perkebunan kopi.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi ChatGPT memperkirakan keanekaragaman serangga tanah pada perkebunan kopi berada pada kategori sedang dengan nilai $H' = 1,787$, sedangkan hasil eksplorasi lapangan hanya mencapai $H' = 0,428$ yang termasuk kategori rendah. Perbedaan ini

disebabkan oleh keterbatasan dataset, metode sampling, dan variasi kondisi mikrohabitat, sehingga validasi lapangan sangat penting untuk memastikan akurasi hasil prediksi.

Penelitian selanjutnya perlu memperluas cakupan *dataset* dengan memasukkan data wilayah Lampung, melengkapi informasi faktor abiotik, dan menggunakan metode *sampling* berlapis untuk hasil yang lebih representatif. Integrasi antara prediksi AI dan eksplorasi lapangan diharapkan dapat meningkatkan akurasi analisis serta mendukung upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem perkebunan kopi secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan disampaikan penulis kepada LPPM Universitas Lampung yang telah memberikan pendanaan melalui Hibah Penelitian Dasar tahun 2025.

DAFTAR RUJUKAN

- Aderele MO, Srivastava AK, Butterbach-Bahl K, Rahimi J. Integrating machine learning with agroecosystem modelling: Current state and future challenges. *European Journal of Agronomy*. 2025 Jul 1;168:127610. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127610>
- Ali FY, Nugroho SA, Fatimah T, Asmono SL, Rosdiana E, Pratita DG, Firgiyanto R. Pengembangan Produk Kopi Herbal Berbasis Rempah Lokal Sebagai Strategi Peningkatan Daya Saing Usaha Mikro di Kabupaten Jember. *Jurnal Hasil Pengabdian Masyarakat (JURIBMAS)*. 2025 Jul 11;4(1):122-30. <https://doi.org/10.62712/juribmas.v4i1.430>
- Amanda S, Rosiana N. Analisis daya saing kopi Indonesia dalam menghadapi perdagangan kopi dunia. In *Forum Agribisnis: Agribusiness Forum 2023* Mar 30 (Vol. 13, No. 1, pp. 1-11). <https://doi.org/10.29244/fagb.13.1.1-11>
- Baeza JL, Cerrone D, Männig K. Comparing two methods for urban complexity calculation using the Shannon-Wiener Index. *WIT Trans. Ecol. Environ.* 2017 Jun;226:369-78. doi:10.2495/sdp170321
- Boetzl FA, Ries E, Schneider G, Krauss J. It's a matter of design—how pitfall trap design affects trap samples and possible predictions. *PeerJ*. 2018 Jun 25;6:e5078. <https://doi.org/10.7717/peerj.5078>
- Borror, D. J., & DeLong, D. M. (1954). An introduction to the study of insects.
- Chatterji, A., Cunningham, T., Deming, D. J., Hitzig, Z., Ong, C., Shan, C. Y., & Wadman, K. (2025). *How people use chatgpt* (No. w34255). National Bureau of Economic Research.
- Corti C, Cobanaj M, Marian F, Dee EC, Lloyd MR, Marcu S, Dombrovski A, Biondetti GP, Batalini F, Celi LA, Curigliano G. Artificial intelligence for prediction of treatment outcomes in breast cancer: Systematic review of design, reporting standards, and bias. *Cancer treatment reviews*. 2022 Jul 1;108:102410.
- Costa-Silva V, Grella MD, Thyssen PJ. Optimized pitfall trap design for collecting terrestrial insects (Arthropoda: Insecta) in biodiversity studies. *Neotropical Entomology*. 2019 Feb 1;48(1):50-6. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0613-8>
- Delgado S, Calvo MV, Duarte F, Borges A, Scatoni IB. Food attractants for mass trapping of fruit flies (Diptera: Tephritidae) and its selectivity for beneficial arthropods. *Florida Entomologist*. 2022 Oct;105(3):185-93. <https://doi.org/10.1653/024.105.0302>
- Escobar-González D, Landaverde-González P, Casía-Ajché QB, Morales-Siná J, Cardona E, Mejía-Coroy A, Enríquez E. Fruit production in coffee (*Coffea arabica* L.) crops is enhanced by the behaviour of wild bees (Hymenoptera: Apidae). *Austral Entomology*. 2024 Feb;63(1):82-94. <https://doi.org/10.1111/aen.12673>
- Evizal R, Tohari T, Prijambada ID, Widada J, Prasmatiwati FE, Afandi A. Pengaruh tipe agroekosistem terhadap produktivitas dan keberlanjutan usahatani kopi. *Jurnal Agrotropika*. 2020 Jul 28;15(1). <https://doi.org/10.23960/ja.v15i1.4243>
- Fajar A, Fariyanti A, Priatna WB. Status Keberlanjutan Perkebunan Kopi Bersertifikasi CAFE Practices. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*. 2023 Jun 26;11(1):1-6.

- <https://doi.org/10.29244/jai.2023.11.1.1-16>
- Ghaffar Nia N, Kaplanoglu E, Nasab A. Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction. *Discover Artificial Intelligence*. 2023 Jan 30;3(1):5.
- Giczey AV, Pairolero NA, Toole AA. Identifying artificial intelligence (AI) invention: A novel AI patent dataset. *The Journal of Technology Transfer*. 2022 Apr;47(2):476-505.
<https://doi.org/10.1007/s10961-021-09900-2>
- Girsang W, Purba R, Rudiyanono R. Intensitas serangan hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) pada tingkat umur tanaman yang berbeda dan upaya pengendalian memanfaatkan atraktan. *Journal TABARO Agriculture Science*. 2020 Jun 4;4(1):27-34.
<https://doi.org/10.35914/tabaro.v4i1.358>
- Hidayat YA, Siregar LS, Kurniani K. Pengaruh Orientasi Kewirausahaan dan Inovasi Produk Pada Kinerja Bisnis UMKM Kopi Temanggung. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*. 2023 Jun 26;11(1):190-204.
<https://doi.org/10.29244/jai.2023.11.1.190-204>
- Hohbein RR, Conway CJ. Pitfall traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin*. 2018 Dec;42(4):597-606.
<https://doi.org/10.1002/wsb.928>
- Ibnu M, Rosanti N. Tren produksi dan perdagangan negara-negara produsen kopi terbesar di dunia dan implikasinya bagi Indonesia. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*. 2022 Dec 30;16(2).
<https://doi.org/10.55981/bilp.2022.5>
- Jaya AS, Widayat W. Pengaruh umpan terhadap keefektifan pitfall trap untuk mendukung praktikum ekologi hewan di Laboratorium Ekologi FMIPA Unsyiah. *Jurnal Bioleuser*. 2018;2(3).
- Kalshoven, L. G. E. (1950). *Pests of crops in Indonesia*.
- Kinasih ID, Cahyanto TR, Widiani AN, KURNIA DN, Julita U, PUTRA RE. Soil invertebrate diversity in coffee-pine agroforestry system at Sumedang, West Java. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2016 Jun 9;17(2).
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d170211>
- Kurniawan YD, Faizah M, Nasiruddin M. Keanekaragaman Serangga pada Tanaman Jeruk Kawasan Dataran Rendah di Desa Mejoyolosari Jombang. *Al-Furqan: Jurnal Agama, Sosial, dan Budaya*. 2024 Aug 22;3(4):2108-20.
- Lilies C. Kunci determinasi serangga. Kanisius. Yogyakarta. 1991;223.
- Martin E, Suharjito D, Darusman D, Sunito S, Winarno B. Etika subsistensi petani kopi: Memahami dinamika pengembangan agroforestri di dataran tinggi Sumatera Selatan. *Sodality J. Sociol. Pedesaan*. 2016 Apr;4:92-102.
- Moreira CC, Celestino D, Guerra Sobrinho T, Cardoso IM, Elliot SL. Agroforestry coffee soils increase the insect-suppressive potential offered by entomopathogenic fungi over full-sun soils: A case proposing a “bait survival technique”. *Ecology and Evolution*. 2019 Sep;9(18):10777-87.
<https://doi.org/10.1002/ece3.5598>
- Nazer LH, Zatarah R, Waldrup S, Ke JX, Moukheiber M, Khanna AK, Hicklen RS, Moukheiber L, Moukheiber D, Ma H, Mathur P. Bias in artificial intelligence algorithms and recommendations for mitigation. *PLOS digital health*. 2023 Jun 22;2(6).
- Nestel D, Dicksen F, Altieri MA. Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity & Conservation*. 1993 Feb;2(1):70-8.
<https://doi.org/10.1007/BF00055104>
- Omayio D, Mzungu E, Kakamega K. Modification of shannon-wiener diversity index towards quantitative estimation of environmental wellness and biodiversity levels under a non-comparative Scenario. *Journal of Environment and Earth Science*. 2019 Sep 30;9(9):46-57. DOI: 10.7176/JEES
- Patrinós, G. P., Sarhangi, N., Sarraimi, B., Khodayari, N., Larijani, B., & Hasanadz, M. (2023). Using ChatGPT to predict the future of personalized medicine. *The pharmacogenomics journal*, 23(6), 178-184.

- Peixoto PG, Nascimento VF, de Lacerda LB, Siansi FL, de Matos GF, de Souza JM, Ramalho DG, De Bortoli SA. Attractiveness of Pitfall Traps with Baits for Harvestmen in a Sugarcane Agroecosystem. *Sugar Tech.* 2024 Jun;26(3):731-40. <https://doi.org/10.1007/s12355-024-01390-4>
- Perfecto I, Vandermeer J. The assembly and importance of a novel ecosystem: the ant community of coffee farms in Puerto Rico. *Ecology and Evolution.* 2020 Dec;10(23):12650-62. <https://doi.org/10.1002/ece3.6785>
- Polizzi A, Quinzi V, Lo Giudice A, Marzo G, Leonardi R, Isola G. Accuracy of artificial intelligence models in the prediction of periodontitis: a systematic review. *JDR Clinical & Translational Research.* 2024 Oct;9(4):312-24. <https://doi.org/10.1177/2380084424123231>
- Prasetyo D, Evizal R, Septiana LM. Struktur Komunitas Mesofauna sebagai Bioindikator Kualitas Tanah pada Sistem Budidaya Kakao Konvensional dan Berbasis Biochar di Sidomulyo, Tanggamus. *Jurnal Agrotek Tropika.* 2025 May 12;13(2):494-503. <https://doi.org/10.23960/jat.v13i2.10203>
- Quque M, Bles O. Lasius. In *Encyclopedia of Social Insects 2020* (pp. 1-4). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90306-4_169-1
- Rachmanita RE, Febriani SD, Anggriani S, Siswadi E, Firgiyanto R, Apriadana MI. Penerapan Alat Penjebak Serangga Otomatis Tenaga Surya Di Kelompok Tani Dusun Rayap Desa Kemuning Lor. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) 2021 Nov 30* (Vol. 7, No. 3, pp. 150-157). <https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentrinov/article/view/1087>
- Rice, S., Crouse, S. R., Winter, S. R., & Rice, C. (2024). The advantages and limitations of using ChatGPT to enhance technological research. *Technology in Society*, 76, 102426.
- Rohyani IS. The effect of microhabitat diversity on the similarity of soil insect types at Lombok Island, Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA.* 2021 Oct 16;7(4):738-45.
- Samsiyah MB. Keanekaragaman dan kepadatan serangga tanah di Agroforestri Kopi Sederhana dan kompleks Desa Tambaksari Kecamatan Purwodadi Kabupaten Pasuruan Jawa Timur (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). 2022. <http://etheses.uin-malang.ac.id/43682/>
- Santos JB, Ramos AC, Azevedo Júnior R, Oliveira Filho LC, Baretta D, Cardoso EJ. Soil macrofauna in organic and conventional coffee plantations in Brazil. *Biota Neotropica.* 2018 Apr 23;18:e20180515. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0515>
- Sari RR, Ishaq RM, Purnamasari E, Saputra DD. Fungsi Ganda Agroforestri Kopi: Konservasi Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Vegetasi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan.* 2025 Jan 1;12(1):159-69. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.1.16>
- Selvi S, Ningrum L. Gaya Hidup Minum Kopi dalam Pengambilan Keputusan Pembelian Kopi (Studi Kasus Pada Kopi Kenangan Gandaria City-Jakarta). *Kepariwisata: Jurnal Ilmiah.* 2021 Nov 5;14(1):23-30. <http://dx.doi.org/10.47256/kji.v14i1.43>
- Strong WL. Biased richness and evenness relationships within Shannon–Wiener index values. *Ecological indicators.* 2016 Aug 1;67:703-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.043>
- Supit MM, Pinaria BA, Rimbing J. Keanekaragaman serangga pada beberapa varietas kelapa (*Cocos nucifera* L.) dan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Sam Ratulangi Journal of Entomology Review.* 2020 Oct 2;1(1).
- Tamimi C, Ayundasari L. Perubahan sosial ekonomi masyarakat Desa Bangelan 1901-2020: Analisis terhadap peran industri kopi PTPN XII Kebun Bangelan dalam peningkatan ekonomi masyarakat. *Jurnal Integrasi dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial.* 2022 Mar 20;2(3):282-90.

<https://doi.org/10.17977/um063v2i3p282-290>

Usnaddinovich TJ, Abatovna JA. Insecta: ecology of coleoptera. American Journal of Agriculture and Horticulture Innovations. 2025 Mar 17;5(03):14-6. <https://doi.org/10.37547/ajahi/Volume05Issue03-04>

Verdugo Morales EG, Yáñez Díaz MI, Alanís Rodríguez E, González Rodríguez H, Garza Ocañas F, Rodríguez Larramendi LA. Tree richness, structure, and diversity in an altitudinal gradient in coffee plantations in Chiapas. Revista mexicana de ciencias forestales. 2025 Apr;16(88):148-73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i88.1506>

Waseem M, Raza A, Malik A. AI-Driven Crop Yield Prediction and Disease Detection in Agroecosystems. In Maintaining a Sustainable World in the Nexus of Environmental Science and AI 2024 (pp. 229-258). IGI Global. DOI:10.4018/979-8-3693-6336-2.ch009