

Density and Community Structure of Terrestrial Insects in an Integrated Agricultural Laboratory in Jagan, Sukoharjo, Indonesia

Vallery Armania¹ & Anwari Adi Nugroho^{1*}

¹Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Indonesia;

Article History

Received : February 09th, 2026

Revised : April 15th, 2026

Accepted : May 01th, 2026

*Corresponding Author:

Anwari Adi Nugroho, Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Indonesia;

Email:

anwaribio@gmail.com

Abstract: Terrestrial insects play an important role in maintaining the balance of agricultural ecosystems, studies specifically examining their community structure in educational agroecosystems, such as integrated agricultural laboratories, remain limited, thereby highlighting the need to assess their density and ecological indices as indicators of environmental conditions. The study aimed to measure the density, diversity index, richness index, evenness index, and dominance index of terrestrial insects using twelve pitfall traps at the Jagan Sukoharjo Integrated Agricultural Laboratory. The study used the pitfall trap method with twelve traps placed randomly in the study area. Observations were made for 3 consecutive days. The data collected consisted of the number of individuals of each type of terrestrial insect, which were then analyzed using density, diversity, richness, evenness, and dominance indices. The results indicate that the Integrated Agricultural Laboratory of Jagan supports a relatively high richness of terrestrial insect species; however, the community structure is still dominated by a few opportunistic species, reflecting the characteristics of an educational agroecosystem with a moderate level of ecological stability. These findings indicate that the terrestrial insect community at the Jagan Integrated Agricultural Laboratory is diverse and has the potential to reflect the ecological conditions of the local agricultural environment. Furthermore, this study provides empirical evidence that strengthens the use of terrestrial insects as bioindicators in educational agroecosystems and contributes to the development of sustainable agroecosystem management strategies through biodiversity-based monitoring.

Keywords: Community; Density; Insects; Terrestrial; Laboratory.

Pendahuluan

Serangga merupakan kelompok hewan yang paling mendominasi di muka Bumi, mencakup hampir 80% dari total spesies yang telah teridentifikasi (Stork, 2018; Sukkar et al., 2025). Dari sekitar 751.000 spesies serangga yang diketahui secara global, sekitar 250.000 spesies di antaranya ditemukan di Indonesia, menunjukkan tingginya potensi keanekaragaman hayati serangga di wilayah tropis (Avriliaputri et al., 2024; Sembiring et al., 2022). Berdasarkan habitatnya, serangga dapat dikelompokkan ke dalam beberapa tipe, salah satunya adalah serangga terestrial, yaitu serangga yang hidup dan beraktivitas di

lingkungan daratan atau permukaan tanah (Musters et al., 2022).

Serangga terestrial memiliki keanekaragaman dan kepadatan yang dipengaruhi oleh karakteristik habitat serta sistem pengelolaan lahan, khususnya pada ekosistem pertanian (Hausmann et al., 2022; Rischen et al., 2021). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem pertanian organik cenderung mendukung keanekaragaman serangga yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional akibat minimnya penggunaan bahan kimia sintetis (Dharma et al., 2018; Ovawanda et al., 2016). Dalam ekosistem terestrial, serangga memainkan peran ekologis yang sangat penting

melalui berbagai interaksi, seperti dekomposisi bahan organik, pengendalian populasi herbivora, dan penyerbukan tanaman (Chandra et al., 2023; Noriega et al., 2018).

Secara ekologis, serangga tanah berperan sebagai dekomposer yang membantu proses penguraian bahan organik sehingga meningkatkan kesuburan tanah (Neher & Barbercheck, 2019; Nsengimana et al., 2018). Selain itu, beberapa kelompok serangga berfungsi sebagai predator alami yang berperan dalam mengendalikan populasi herbivora agar tidak merusak tanaman pertanian (Hatt et al., 2017; Seni & Halder, 2022). Serangga juga berperan sebagai polinator yang mendukung keberhasilan reproduksi berbagai jenis tumbuhan (Prado et al., 2020; Sahani et al., 2023). Keberadaan dan struktur komunitas serangga bahkan sering dimanfaatkan sebagai bioindikator keseimbangan ekosistem, di mana tingkat keanekaragaman serangga yang tinggi mencerminkan kondisi lingkungan yang relatif stabil (Ramola et al., 2024).

Namun demikian, keberlanjutan populasi serangga terestrial menghadapi berbagai ancaman serius, seperti perubahan tata guna lahan, penggunaan pestisida sintesis, dan perubahan iklim. Konversi lahan menyebabkan terganggunya struktur dan fungsi ekosistem serta menurunnya interaksi antarspesies, termasuk serangga (Carri et al., 2021; Kumar, 2025). Di sektor pertanian, penggunaan pestisida sintesis dilaporkan dapat menyebabkan kematian serangga non-target yang bermanfaat bagi ekosistem (Elhamalawy et al., 2024; Samanta et al., 2023). Selain itu, perubahan iklim memengaruhi serangga secara langsung melalui fluktuasi suhu dan curah hujan, serta secara tidak langsung melalui perubahan ketersediaan pakan dan habitat, yang pada akhirnya berdampak pada stabilitas ekosistem (Ojija et al., 2025; Vishnupandi et al., 2025). Dalam konteks dinamika tersebut, kajian mengenai komunitas serangga terestrial pada berbagai tipe ekosistem menjadi penting, tidak hanya pada ekosistem alami tetapi juga pada ekosistem yang dikelola oleh manusia, termasuk agroekosistem

Salah satu kawasan yang menarik untuk dikaji terkait dinamika serangga terestrial adalah Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan,

Sukoharjo. Kawasan ini sebelumnya merupakan ekosistem alami berupa rawa dan kebun, kemudian mengalami alih fungsi menjadi laboratorium pertanian edukatif. Perubahan fungsi lahan tersebut berpotensi memengaruhi struktur komunitas serangga terestrial yang hidup di dalamnya. Penelitian serupa di kawasan pertanian semi-alami, seperti laboratorium pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jambi, menunjukkan bahwa lingkungan pertanian edukatif masih memiliki interaksi erat dengan ekosistem alami dan memiliki urgensi tinggi untuk dikaji dari sisi keanekaragaman hayati (Rumondang et al., 2023).

Hasil observasi awal di Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan menunjukkan keberadaan berbagai jenis serangga terestrial, seperti semut, jangkrik, dan ulat bulu, dengan jumlah individu yang relatif melimpah. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya lahan pertanian kentang, yang melaporkan bahwa lahan pertanian dapat berfungsi sebagai habitat potensial bagi serangga terestrial dengan tingkat keanekaragaman yang cukup tinggi (Dinata & Nisa, 2023).

Berbagai penelitian mengenai keanekaragaman dan kepadatan serangga terestrial telah banyak dilakukan di ekosistem hutan, lahan pertanian, dan kawasan urban terbuka, umumnya menggunakan metode *pitfall trap*. Metode ini terbukti efektif dalam mengungkap struktur komunitas serangga yang aktif di permukaan tanah (Haneda & Halimah, 2025; Harapan et al., 2023). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada ekosistem alami atau ekosistem produksi, sementara kajian pada agroekosistem edukatif yang berfungsi sebagai lingkungan pembelajaran sekaligus habitat terkelola masih sangat terbatas. Dalam konteks ini, laboratorium pertanian terpadu merupakan bentuk ekosistem semi-terkelola yang unik, di mana proses ekologis berinteraksi dengan aktivitas pembelajaran yang dimediasi oleh manusia, sehingga berpotensi membentuk pola struktur komunitas serangga yang khas.

Meskipun memiliki nilai ekologis dan edukatif yang penting, penelitian yang secara komprehensif menganalisis kepadatan dan struktur komunitas serangga terestrial pada

agroekosistem edukatif, khususnya dengan menggunakan berbagai indeks ekologi secara terpadu, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengintegrasikan berbagai indeks ekologi (kepadatan, keanekaragaman, kekayaan, pemerataan, dan dominansi) untuk mengkaji komunitas serangga terestrial dalam konteks agroekosistem edukatif, sehingga memberikan pemahaman yang lebih holistik mengenai kestabilan ekosistem pada lingkungan pembelajaran yang terkelola.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan, Sukoharjo, dengan tujuan untuk mengukur kepadatan, indeks keragaman, indeks kekayaan, indeks pemerataan, dan indeks dominansi serangga terestrial menggunakan dua belas unit *pitfall trap* yang disebar secara merata di titik-titik strategis. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memperkaya kajian ekologi serangga, tetapi juga memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan sistem pemantauan berbasis keanekaragaman hayati serta pengelolaan agroekosistem edukatif yang berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode perangkap (*pitfall trap*). dengan 12 jebakan ditaruh pada daerah yang rimbun untuk mengukur kepadatan, indeks keragaman, indeks kekayaan, indeks pemerataan, dan indeks dominansi serangga terestrial. Metode *pitfall trap* dipilih karena secara metodologis terbukti efektif dalam menangkap serangga yang aktif bergerak di permukaan tanah (*epigeic insects*), serta mampu merepresentasikan struktur komunitas serangga terestrial secara relatif akurat pada berbagai tipe ekosistem (Császár et al., 2018; Fajar et al., 2023). Selain itu, metode ini memungkinkan pengambilan data secara kontinu dan minim gangguan terhadap habitat alami serangga. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2025 di Laboratorium Pertanian Terpadu Universitas Veteran Bangun Nusantara yang berlokasi di Desa Jagan, Kecamatan Bendosari, Kabupaten Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah.

Laboratorium Pertanian Terpadu ini

merupakan kawasan laboratorium lapangan seluas $\pm 2,2$ hektar yang terletak sekitar 10 km dari kampus utama Universitas Veteran Bangun Nusantara dan dikelola sebagai laboratorium terbuka untuk mendukung kegiatan pendidikan, praktikum, dan penelitian. Secara ekologis, kawasan ini memiliki karakteristik ekosistem buatan yang terstruktur dengan variasi vegetasi yang cukup beragam, sehingga representatif sebagai lokasi penelitian ekologi, khususnya untuk kajian analisis vegetasi serta penelitian keanekaragaman serangga terestrial.

Populasi dan Unit Analisis

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh serangga terestrial yang terdapat di kawasan Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan. Adapun unit analisis dalam penelitian ini adalah individu serangga yang tertangkap pada setiap unit *pitfall trap*, kemudian diidentifikasi dan dihitung jumlah individunya untuk setiap jenis.

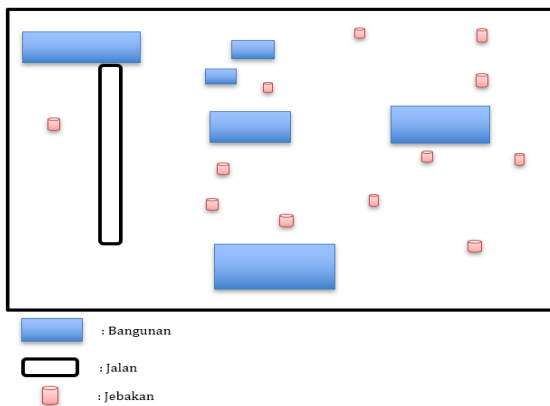
Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam pengambilan data serangga terestrial adalah *pitfall trap* (jebakan jatuh). Metode ini efektif untuk menangkap serangga yang aktif bergerak di permukaan tanah seperti semut, kumbang tanah dan laba laba (Fajar et al., 2023). Sebanyak dua belas (12) unit *pitfall trap* ditempatkan di area penelitian menggunakan teknik random sampling terstruktur (*stratified random sampling*), dengan mempertimbangkan variasi mikrohabitat seperti kerapatan vegetasi dan ketebalan serasah. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh bagian area penelitian terwakili secara proporsional serta mengurangi bias pengambilan sampel.

Pada jebakan A, B, G, H digunakan larutan deterjen + alkohol (10 ml), jebakan C, D, I, J berisi deterjen + cuka (10 ml), dan jebakan E, F, K, L berisi alkohol + cuka (10 ml). Variasi komposisi cairan ini digunakan untuk meningkatkan efektivitas penangkapan serangga dengan karakteristik perilaku dan respons kimia yang berbeda, sehingga dapat memberikan gambaran komunitas yang lebih representatif. Penempatan perangkap dilakukan dengan menanam wadah hingga sejajar dengan permukaan tanah pada titik-titik yang telah ditentukan. Lama pengamatan dilakukan selama 3 hari berturut-turut, dengan pengambilan

sampel setiap 24 jam. Serangga yang tertangkap kemudian dikumpulkan, dihitung, dan diidentifikasi.

Langkah-langkah penggunaan *pitfall trap* yaitu 1) menyiapkan wadah berupa kaleng atau toples plastik dengan diameter 7–10 cm dan kedalaman ±10 cm, 2) mengisi wadah dengan larutan campuran (air + detergen + cuka), (air + detergen + alkohol), atau (air + alkohol + cuka) dengan perbandingan 1:1:1, 3) menanam wadah ke dalam tanah hingga sejajar dengan permukaan tanah pada beberapa titik pengamatan, 4) mengamati dan mengambil hasil tangkapan serangga setelah 24 jam, 5) mengidentifikasi jenis serangga yang ditemukan. Adapun denah pemasangan jebakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah Pemasangan Jebakan

Pengolahan dan analisis data

Setelah data terkumpul, dilakukan penghitungan indeks ekologi sebagai berikut:
Kepadatan (D):

$$D_i = \frac{n_i}{A}$$

Keterangan:

Di = kepadatan spesies ke-i

ni = jumlah individu spesies ke-i

A = luas area sampling (Magurran, 2004).

Indeks Keragaman Shannon-Wiener (H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right]$$

Keterangan : H' = Indeks Keragaman Shannon-Wiener, ni = Jumlah individu jenis ke-n, N = Total jumlah individu.

Besaran $H' < 1.5$ menunjukkan keragaman jenis tergolong rendah, $H' = 1.5 - 3.5$ menunjukkan keragaman jenis tergolong sedang dan $H' > 3.5$ menunjukkan keragaman tergolong tinggi (Magurran, 2004).

Indeks Kekayaan Jenis Margalef (R1):

$$R1 = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Keterangan: R1 = Indeks kekayaan Margalef, S = jumlah jenis, N = total individu.

Berdasarkan Magurran (1988) besaran R1 < 3.5 menunjukkan kekayaan jenis yang tergolong rendah, R1 = 3.5 – 5.0 menunjukkan kekayaan jenis tergolong sedang dan R1 tergolong tinggi jika > 5.0 (Magurran, 2004).

Indeks Kemerataan (Evenness, E):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan: E = Indeks kemerataan jenis, H' = Indeks keragaman jenis, S = Jumlah jenis.

Besaran $E' < 0.3$ menunjukkan kemerataan jenis tergolong rendah, $E' = 0.3 - 0.6$ kemerataan jenis tergolong sedang dan $E' > 0.6$ maka kemerataan jenis tergolong tinggi (Magurran, 2004).

Indeks Dominansi Simpson (C):

Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui pemusatan dan penyebaran jenis-jenis dominan. Jika dominansi lebih terkonsentrasi pada satu jenis, nilai indeks dominansi akan meningkat dan sebaliknya jika beberapa jenis mendominasi secara bersama-sama maka nilai indeks dominansi akan rendah. Untuk menentukan nilai indeks dominansi digunakan rumus Simpson (1949) dalam Misra (1973) sebagai berikut :

$$C = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

Keterangan: C= Indeks dominansi, ni = Nilai penting masing-masing jenis ke-n, N= Total nilai penting dari seluruh jenis.

Kisaran nilai indeks dominansi tangkapan: > 1 : dominansi tinggi, selektivitas alat tangkap tinggi = 0 : dominansi rendah, selektivitas alat tangkap rendah.

Pengukuran faktor lingkungan

Selain mendata jumlah dan jenis serangga, dalam kaitan ini juga dilakukan pengukuran faktor lingkungan. Faktor lingkungan itu yang diukur adalah : Suhu udara, pH tanah, kelembapan udara, dan juga ketebalan serasah. Untuk suhu udara diukur setiap hari pada lokasi perangkap menggunakan Thermo-Hygrometer. Pada pengukuran setiap hari didapatkan hasil bahwa setiap Lokasi perangkap memiliki suhu udara sekitar 32°C. Nilai pH tanah diukur menggunakan kertas lakmus dan menunjukkan kisaran 4 pada tanah masing-masing lokasi perangkap, ini berarti mencerminkan kondisi tanah yang cenderung agak asam.

Pengukuran kelembapan udara dilakukan menggunakan Thermo-Hygrometer. Pada pengukuran setiap hari didapatkan hasil bahwa setiap lokasi perangkap memiliki kelembapan sekitar 72%. Ketebalan serasah diukur menggunakan penggaris dan menunjukkan hasil yang bervariasi, mulai dari 15 cm di lokasi A,G (

Alkohol + deterjen), 30 cm di lokasi B,H (Alkohol+ cuka), 28 cm di lokasi C,I (Cuka + deterjen), 10 cm di lokasi D, J (Alkohol + deterjen), 17 cm di lokasi E, K (Alkohol + Cuka), dan 24 cm di lokasi F, L (Cuka+ deterjen).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengkaji kepadatan, indeks keragaman, indeks kekayaan, indeks pemerataan, dan indeks dominansi serangga terestrial di Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan, Sukoharjo, dengan menggunakan metode *pitfall trap*. Metode tersebut efektif untuk menangkap serangga yang aktif bergerak di permukaan tanah sehingga mampu merepresentasikan kondisi komunitas serangga terestrial pada lokasi penelitian. Data yang diperoleh berupa jumlah individu setiap jenis serangga yang tertangkap pada masing-masing perangkap. Untuk meningkatkan kejelasan analisis, hasil dan pembahasan disusun secara sistematis berdasarkan masing-masing parameter ekologi, sehingga interpretasi data menjadi lebih terarah dan komprehensif. Rekapitulasi hasil pengamatan serangga terestrial disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Identifikasi keragaman serangga terestrial

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Ni	N	D	H'	R1	E	C
1	Jangkrik	<i>Teleogryllus mitratus</i>	19	641	0.001	0.102	3.558	0.032	0.001
2	Rangrang	<i>Oecophylla smaragdina</i>	18		0.001	0.098		0.031	0.001
3	Semut Hitam Besar	<i>Dolichoderus thoracic</i>	7		0.000	0.048		0.015	0.000
4	Rayap	<i>Coptotermes gestroi</i>	3		0.000	0.025		0.008	0.000
5	Semut Api	<i>Selonapsis invicta</i>	53		0.002	0.203		0.064	0.006
6	Semut Hitam Kecil	<i>Monomorium minimum</i>	99		0.005	0.285		0.090	0.023
7	Nyamuk	<i>Culicida</i>	215		0.010	0.365		0.115	0.106
8	Lembing	<i>Scotinophara coarctata</i>	156		0.007	0.341		0.107	0.056
9	Lalat Kecil	<i>Fania sp</i>	1		0.000	0.010		0.003	0.000
10	Semut Tukang Kayu	<i>Lasius niger</i>	5		0.000	0.037		0.012	0.000
11	Mrutu	<i>Ceratogonidae</i>	11		0.001	0.068		0.021	0.000
12	Belalang	<i>Locustana pardalina</i>	3		0.000	0.025		0.008	0.000

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Ni	N	D	H'	R1	E	C
	Coklat								
13	Belalang Hijau	<i>Oxya chinensis</i>	8		0.000	0.053		0.017	0.000
14	Kaper	<i>Scirpophaga incertulas</i>	3		0.000	0.025		0.008	0.000
15	Lalat Hijau	<i>Musca domestica</i>	2		0.000	0.018		0.006	0.000
16	Ulat Bulu	<i>Malacosoma americanum</i>	3		0.000	0.025		0.008	0.000
17	Semut Peluru	<i>Paraponera clavata</i>	8		0.000	0.053		0.017	0.000
18	Kumbang Tanah	<i>Harpalus rufipes</i>	3		0.000	0.025		0.008	0.000
19	Tawon	<i>Sclerodermus domesticus</i>	1		0.000	0.010		0.003	0.000
20	Kukuk	<i>Paederus fuscipes</i>	1		0.000	0.010		0.003	0.000
21	Tomcat	<i>Alphitobius diaperinus</i>	1		0.000	0.010		0.003	0.000
22	Kumbang Gelap	<i>Colobopsis schmitzi</i>	20		0.001	0.106		0.033	0.001
23	Semut Renang	<i>Mutillidae</i>	1		0.000	0.010		0.003	0.000
	Beludru								
Jumlah					0.029	1.978		0.622	0.205

Keterangan : Ni (Jumlah dalam satu spesies), N (Jumlah keseluruhan spesies), D (Densitas/Kepadatan), H'(Keragaman Jenis), R1 (Indeks Kekayaan Jenis), E (Indeks Kemerataan Jenis), C (Indeks Dominansi).

Kepadatan Serangga Terrestrial (Density, D)

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa komunitas serangga terrestrial di Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan tersusun atas berbagai jenis dengan distribusi kelimpahan yang tidak merata. Total individu yang tercatat sebanyak 641 individu, dengan kontribusi terbesar berasal dari beberapa jenis tertentu, terutama nyamuk (Culicidae) dan lembing, yang masing-masing memiliki nilai kepadatan (D) relatif tinggi dibandingkan jenis lainnya. Tingginya kepadatan pada spesies tertentu mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di lokasi penelitian lebih mendukung spesies yang bersifat oportunistik dan memiliki toleransi ekologis luas. Spesies tersebut umumnya mampu beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan, termasuk fluktuasi suhu, kelembapan, dan ketersediaan sumber daya (Salvarrey et al., 2025).

Hasil ini sejalan dengan penelitian Afifah et al., (2015) yang menunjukkan dominasi spesies tertentu pada agroekosistem. Namun, berbeda dengan temuan Habel et al., (2023) yang melaporkan distribusi kepadatan lebih merata pada agroekosistem dengan heterogenitas

vegetasi tinggi. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa tingkat heterogenitas habitat di lokasi penelitian kemungkinan masih terbatas, sehingga belum mampu mendukung distribusi kepadatan yang seimbang.

Indeks Keanekaragaman (Shannon-Wiener, H')

Nilai indeks keanekaragaman (H') menunjukkan kategori sedang, yang mencerminkan bahwa komunitas serangga memiliki variasi jenis yang cukup beragam. Meskipun jumlah jenis tergolong banyak, nilai keanekaragaman tidak tinggi karena distribusi individu antarspesies tidak merata. Dominasi beberapa spesies menyebabkan penurunan nilai H', sehingga menunjukkan bahwa komunitas belum berada pada kondisi yang sepenuhnya stabil. Kondisi ini umum dijumpai pada agroekosistem, di mana beberapa spesies tertentu cenderung mendominasi akibat ketersediaan sumber daya yang homogen dan adanya gangguan lingkungan berskala ringan hingga sedang, seperti aktivitas pengelolaan lahan pertanian (Orczewska et al., 2024; Siregar et al., 2014; Yanti et al., 2024).

Dibandingkan dengan ekosistem alami yang umumnya memiliki nilai keanekaragaman tinggi (Ramola et al., 2024), nilai pada penelitian ini relatif lebih rendah. Namun demikian, nilai ini masih lebih baik dibandingkan agroekosistem intensif yang mengalami tekanan lingkungan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa agroekosistem edukatif memiliki posisi antara ekosistem alami dan sistem pertanian intensif dalam hal stabilitas ekologi.

Indeks Kekayaan Jenis (Margalef, R1)

Indeks kekayaan jenis (R1) menunjukkan kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa jumlah jenis serangga yang ditemukan cukup beragam. Tingginya kekayaan jenis menunjukkan bahwa lingkungan penelitian mampu menyediakan berbagai relung ekologis (ecological niches) bagi berbagai jenis serangga. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh variasi vegetasi dan kondisi mikrohabitat di lokasi penelitian. Hasil ini mendukung penelitian Dinata & Nisa (2023) yang menyatakan bahwa lahan pertanian dapat menjadi habitat potensial bagi berbagai jenis serangga. Namun, berbeda dengan ekosistem alami yang memiliki keseimbangan antara kekayaan dan pemerataan, pada penelitian ini kekayaan tinggi tidak diikuti oleh pemerataan, sehingga menunjukkan adanya ketidakseimbangan struktur komunitas.

Indeks Kemerataan (Evenness, E)

Nilai indeks pemerataan (E) tergolong rendah, yang menunjukkan bahwa distribusi individu antarspesies tidak merata. Nilai indeks pemerataan (E) yang rendah menunjukkan bahwa komunitas serangga terestrial didominasi oleh beberapa jenis tertentu, sementara sebagian besar jenis lainnya hanya ditemukan dalam jumlah individu yang sedikit. Kondisi ini sering terjadi pada ekosistem yang mengalami gangguan atau memiliki sumber daya yang tidak tersebar merata. Hasil ini berbeda dengan penelitian pada sistem pertanian organik yang menunjukkan pemerataan lebih tinggi (Dharma et al., 2018). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa pengelolaan lingkungan di lokasi penelitian masih memungkinkan dominasi spesies tertentu, sehingga distribusi komunitas belum optimal.

Indeks Dominansi (Simpson, C)

Nilai indeks dominansi (C) menunjukkan

adanya dominasi oleh beberapa spesies tertentu, terutama dari kelompok Diptera dan Hymenoptera. Dominansi ini mencerminkan bahwa komunitas serangga belum mencapai kondisi stabil. Dalam ekosistem yang stabil, dominansi cenderung rendah karena distribusi individu lebih merata. Selain itu juga struktur komunitas belum sepenuhnya stabil dan masih dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta karakteristik pengelolaan lahan pertanian (Anggareni V, 2025; Hidayat et al., 2022). Hasil ini sejalan dengan penelitian Siregar et al. (2014) yang menunjukkan dominansi tinggi pada agroekosistem yang mengalami gangguan. Namun, tingkat dominansi pada penelitian ini tidak setinggi pada sistem pertanian intensif, sehingga menunjukkan bahwa kondisi lingkungan masih cukup mendukung keberagaman meskipun belum optimal.

Keterkaitan dengan Faktor Lingkungan.

Struktur komunitas serangga terestrial yang ditemukan tidak terlepas dari pengaruh faktor lingkungan, seperti suhu, pH tanah, kelembapan udara, dan ketebalan serasah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan berfungsi sebagai habitat potensial bagi serangga terestrial, ditunjukkan oleh tingkat kekayaan jenis yang relatif tinggi, meskipun struktur komunitasnya masih didominasi oleh beberapa spesies oportunistik. Pola ini mengindikasikan karakter agroekosistem edukatif dengan tingkat kestabilan ekologi menengah, di mana kondisi lingkungan telah mampu mendukung keberadaan berbagai kelompok serangga, namun belum sepenuhnya stabil untuk mendorong distribusi individu yang lebih merata antarspesies (Ali et al., 2023; Habel et al., 2023; Tassoni et al., 2024).

Kondisi tersebut berkaitan erat dengan faktor lingkungan yang terukur selama penelitian. Suhu udara yang relatif seragam di seluruh lokasi perangkap, yaitu sekitar 32°C, masih berada dalam kisaran toleransi optimal bagi sebagian besar serangga terestrial tropis, terutama kelompok serangga tanah yang bersifat ektotermik. Suhu yang relatif tinggi namun stabil ini mendukung aktivitas metabolisme dan pergerakan serangga, khususnya spesies generalis dan oportunistik yang memiliki daya adaptasi tinggi terhadap fluktuasi lingkungan agroekosistem (Pratiwi & Ananda, 2021; Yuliani

& Sastranegara, 2015). Selain itu

Nilai pH tanah yang berada pada kisaran 4 menunjukkan kondisi tanah yang cenderung asam. Tanah dengan pH asam umumnya membatasi keberadaan beberapa kelompok serangga yang sensitif terhadap kondisi kimia tanah, tetapi masih dapat ditoleransi oleh serangga-serangga tertentu seperti Formicidae dan Coleoptera tanah yang dikenal memiliki kemampuan adaptasi tinggi. Kondisi ini turut menjelaskan dominasi beberapa spesies tertentu dalam komunitas, sekaligus membatasi peningkatan keanekaragaman spesies yang lebih sensitif terhadap perubahan pH tanah (Ge et al., 2023; Wu et al., 2023).

Kelembapan udara yang relatif tinggi dan stabil, yaitu sekitar 72%, merupakan faktor penting yang mendukung kelangsungan hidup serangga terestrial, khususnya yang aktif di lapisan permukaan tanah dan serasah (Bruno et al., 2019; Kardol et al., 2011). Kelembapan yang cukup tinggi membantu mencegah kehilangan air tubuh dan menciptakan mikrohabitat yang sesuai bagi berbagai serangga detritivor dan predator tanah. Hal ini semakin diperkuat oleh ketebalan serasah yang bervariasi antar lokasi, mulai dari 10 cm hingga 30 cm. Lokasi dengan serasah lebih tebal cenderung menyediakan perlindungan fisik, sumber pakan, serta iklim mikro yang lebih stabil, sehingga berpotensi mendukung kelimpahan dan aktivitas serangga tanah yang lebih tinggi dibandingkan lokasi dengan serasah yang lebih tipis (Haneda & Asti, 2014; Reynolds et al., 2007).

Ketebalan serasah yang bervariasi (10–30 cm) menciptakan mikrohabitat yang berbeda, yang berpengaruh terhadap distribusi dan kelimpahan serangga. Lokasi dengan serasah tebal cenderung memiliki kondisi iklim mikro yang lebih stabil dan mendukung aktivitas serangga. Kombinasi faktor lingkungan tersebut menjelaskan pola hasil penelitian, yaitu kekayaan jenis yang tinggi namun pemerataan rendah, serta adanya dominasi spesies oportunistik dalam komunitas serangga terestrial.

Selain faktor lingkungan, variasi jenis cairan pada *pitfall trap* juga berperan dalam efektivitas penangkapan serangga terestrial. Penggunaan kombinasi deterjen-alkohol, deterjen-cuka, dan alkohol-cuka pada dua belas perangkap yang ditempatkan secara acak memungkinkan penangkapan serangga dengan

karakter perilaku dan sensitivitas kimia yang berbeda. Deterjen berfungsi menurunkan tegangan permukaan sehingga serangga yang terperangkap sulit keluar, sementara alkohol dan cuka berperan sebagai bahan pengawet sekaligus atraktan bagi kelompok serangga tertentu. Variasi komposisi cairan ini berkontribusi pada tertangkapnya beragam jenis serangga terestrial, meskipun spesies-spesies oportunistik yang aktif bergerak di permukaan tanah tetap mendominasi hasil tangkapan (Aldair et al., 2025; Császár et al., 2018; Kwon et al., 2022).

Secara keseluruhan, interaksi antara kondisi lingkungan fisik-kimia, ketebalan serasah, serta strategi penangkapan menggunakan *pitfall trap* dengan variasi cairan menunjukkan bahwa agroekosistem Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan memiliki potensi ekologis yang cukup baik sebagai habitat serangga terestrial. Namun, dominasi spesies oportunistik mengindikasikan bahwa pengelolaan lahan dengan pendekatan pertanian yang lebih ramah lingkungan, seperti peningkatan heterogenitas vegetasi dan pengelolaan serasah secara berkelanjutan, berpotensi meningkatkan kestabilan ekosistem dan mendukung keanekaragaman hayati serangga yang lebih tinggi (Habel et al., 2023; Tassoni et al., 2024).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa komunitas serangga terestrial di Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan, Sukoharjo memiliki tingkat kekayaan jenis yang tinggi dengan total individu yang cukup melimpah, namun distribusi individu antarspesies tidak merata. Nilai indeks keanekaragaman yang berada pada kategori sedang, disertai dengan indeks pemerataan yang rendah dan indeks dominansi yang relatif tinggi, mengindikasikan bahwa struktur komunitas masih didominasi oleh beberapa spesies oportunistik, terutama dari kelompok Diptera dan Hymenoptera. Temuan ini menegaskan bahwa agroekosistem edukatif memiliki kondisi kestabilan ekologi pada tingkat menengah, yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, pH tanah, dan ketebalan serasah, serta berpotensi dimanfaatkan sebagai dasar dalam pengembangan pemantauan keanekaragaman hayati dan pengelolaan

agroekosistem yang lebih berkelanjutan.

Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa pengelolaan agroekosistem memiliki peran penting dalam membentuk struktur komunitas serangga terestrial. Faktor lingkungan yang terukur, yaitu suhu udara yang relatif tinggi dan stabil, kelembapan udara yang cukup tinggi, pH tanah yang cenderung asam, serta variasi ketebalan serasah, berkontribusi terhadap tingginya kepadatan spesies-spesies dengan toleransi ekologis luas. Oleh karena itu, peningkatan heterogenitas habitat melalui pengelolaan serasah, pemeliharaan vegetasi penutup tanah, serta pengurangan intensitas gangguan dan penggunaan bahan kimia sintetis direkomendasikan untuk meningkatkan pemerataan komunitas dan mengurangi dominansi spesies oportunistik. Selain itu, penggunaan pitfall trap dengan variasi komposisi cairan terbukti efektif dalam merepresentasikan komunitas serangga terestrial yang aktif di permukaan tanah dan dapat direkomendasikan sebagai metode pemantauan keanekaragaman serangga di agroekosistem edukatif. Dengan pendekatan pengelolaan yang lebih ramah lingkungan, Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan berpotensi dikembangkan sebagai habitat pendukung keanekaragaman hayati serangga terestrial sekaligus sebagai sarana pembelajaran dan penelitian ekologi terapan yang berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Para penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada Laboratorium Pertanian Terpadu Jagan atas penyediaan fasilitas penelitian dan akses lapangan. Apresiasi juga disampaikan kepada semua pihak yang berkontribusi dalam pengumpulan data dan mendukung penyelesaian studi ini. Segala kesalahan yang ada sepenuhnya menjadi tanggung jawab para penulis.

Referensi

Afifah, L., Hidayat, P., Buchori, D., . M., & Rahardjo, B. T. (2015). Pengaruh Perbedaan Pengelolaan Agroekosistem Tanaman Terhadap Struktur Komunitas Serangga Pada Pertanaman Kedelai Di Ngale, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur.

- Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 15(1), 53.
<https://doi.org/10.23960/j.hppt.11553-64>
- Aldair, Z. A. S. B., Carlos, Z. J. J., Bernardino, D. M., Nelito, N. N., Jorge, L. T., Luan, T. dos S. C., Paulo, H. C., Indianara, I. M., Mauro, B. de S., Henrique, de S. A., Micrela, D. F., & João, G. L. M. (2025). Effectiveness of adhesive and pitfall traps in arthropod sampling in crop areas and surroundings. *African Journal of Agricultural Research*, 21(7), 504–510.
<https://doi.org/10.5897/ajar2025.16867>
- Ali, M. P., Clemente-Orta, G., Kabir, M. M. M., Haque, S. S., Biswas, M., & Landis, D. A. (2023). Landscape structure influences natural pest suppression in a rice agroecosystem. *Scientific Reports*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41786-y>
- Anggareni V. (2025). Keanekaragaman Serangga Permukaan Tanah di Kebun Cengkeh Dusun Mendiro Desa Panglungan Kabupaten Jombang. *Environmental Pollution Journal*, 5(1), 17–26.
<https://doi.org/10.58954/epj.v5i1.239>
- Avriliaputri, Z. A., H, A. N. U., Salsabila, G., Nur, A. S., Arifiani, A. M., Noor, M. F., & Ridhwan, M. (2024). Analisis Keanekaragaman Serangga di Kawasan Hutan Evergreen dan Savana Bekol Taman Nasional Baluran. *4 Universitas Negeri Padang ISSN:2809-8447 Analisis*, 57–71.
- Bruno, D., Belmar, O., Maire, A., Morel, A., Dumont, B., & Datry, T. (2019). Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology*, 25(5), 1612–1628.
<https://doi.org/10.1111/gcb.14581>
- Carri, V., Fries, A., Castillo, E., Garc, R., & Mar, D. (2021). Effects of Land-Use Change on the Community Structure of the Dung Beetle (Scarabaeinae) in an Altered Ecosystem in. *Insects*, 12(4), 306.
<https://doi.org/10.3390/insects12040306>
- Chandra, R., Abdul, M., Sharma, N., Bharathi, K., & Singh, S. (2023). The Role of Insects in Ecosystems , an in-depth Review of Entomological. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(10), 4340–4348.

- <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i103110>
- Császár, P., Torma, A., Gallé-Szpisjak, N., Tölgyesi, C., & Gallé, R. (2018). Efficiency of pitfall traps with funnels and/or roofs in capturing ground-dwelling arthropods. *European Journal of Entomology*, 115(1), 15–24.
<https://doi.org/10.14411/eje.2018.003>
- Dharma, T. A., Suzanna Fitriany Sitepu, Lubis, L., & Girsang, S. S. B. (2018). Kelimpahan Serangga Penghuni Tajuk pada Pertanaman Bawang Merah Semi Organik dan Konvensional. *Jurnal Pertanian Tropik*, 5(2), 268–275.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32734/jop.t.v5i2.3012>
- Dinata, G. F., & Nisa, D. K. (2023). Keanekaragaman Arthropoda pada Beberapa Agroekosistem di Desa Tulungrejo , Kecamatan Ngantang , Kabupaten Malang Arthropoda Diversity in Several Agroecosystems in Tulungrejo Village , Ngantang , Malang Regency. *LenteraBio*, 12(2), 212–218.
- Elhamalawy, O., Bakr, A., & Eissa, F. (2024). Impact of pesticides on non-target invertebrates in agricultural ecosystems. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 202(May), 105974.
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2024.105974>
- Fajar, M., Amrulloh, F., Priyambodo, H. Y., & Masing, A. (2023). Keanekaragaman , Kemerataan , dan Kekayaan jenis Serangga Tanah di Lahan Kering Kota Kefamenanu , Timor Tengah Utara , Nusa Tenggara Timur. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 7(3), 131–140.
- Ge, Z., Xiao, H., Pang, Y., Peng, S., Mao, L., & Ruan, H. (2023). Soil Organic Carbon and pH Dominate the Effects of Nitrogen Addition on Soil Microarthropods in a Poplar Plantation in Coastal Eastern China. *Forests*, 14(5), 1–13.
<https://doi.org/10.3390/f14050880>
- Habel, J. C., Ulrich, W., Segerer, A. H., Greifenstein, T., Knubben, J., Morinière, J., Bozicevic, V., Günter, A., & Hausmann, A. (2023). Insect diversity in heterogeneous agro-environments of Central Europe. *The Oxford Handbook of the European Iron Age*, 32, 4665–4678.
<https://doi.org/10.1007/s10531-023-02717-5>
- Haneda, N. F., & Asti, W. (2014). Keanekaragaman Fauna Tanah dan Perannya Terhadap Laju Dekomposisi Serasah Karet (*Hevea brasiliensis*) di Kebun Percobaan Cibodas-Ciampea Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 05(1), 54–60.
- Haneda, N. F., & Halimah, W. N. (2025). PERBANDINGAN DUA METODE PERANGKAP SERANGGA PERMUKAAN TANAH DI HUTAN PENELITIAN DRAMAGA, BOGOR, JAWA BARAT. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 16(01), 20–27.
<https://doi.org/10.29244/j-siltrop.16.1.20-27>
- Harapan, P., Nasional, T., & Palung, G. (2023). Herlina Darwati, Catur Aditia Kamal Ramadan * , Slamet Rifanjeni Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Jalan Daya Nasional Pontianak 78124. *JURNAL HUTAN LESTARI*, 11(2), 316–326.
<https://doi.org/10.26418/jhl.v11i2.55642>
- Hatt, S., Lopes, T., Boeraeve, F., Chen, J., & Francis, F. (2017). Pest regulation and support of natural enemies in agriculture : Experimental evidence of within field wildflower strips. *Ecological Engineering*, 98, 240–245.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.080>
- Hausmann, A., Ulrich, W., Segerer, A. H., Greifenstein, T., Knubben, J., Morinière, J., Bozicevic, V., Doczkal, D., Günter, A., Müller, J., & Habel, J. C. (2022). Fluctuating insect diversity , abundance and biomass across agricultural landscapes. *Scientific Reports*, 12, 17706.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-20989-9>
- Hidayat, A. R., Ramadhan, R. A. M., & Nasrudin, N. (2022). Insect Diversity and Domination on Rice Field in Mangkubumi, Indihiang, And Cibereum District, Tasikmalaya City. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 4(2), 48–56.
<https://doi.org/10.36423/agroscript.v4i2.986>
- Kardol, P., Reynolds, W. N., Norby, R. J., &

- Classen, A. T. (2011). Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure. *Applied Soil Ecology*, 47(1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.11.001>
- Kumar, B. (2025). The Impact Of Land-Use Changes On Species Diversity And Ecosystem Functioning In Agricultural Landscapes. *International Journal of Environmental Sciences*, 11(10), 755–765. <https://doi.org/10.64252/k1ksb673>
- Kwon, T. S., Park, Y. K., Jung, J. K., Lee, Y. G., Park, C. W., & Park, Y. S. (2022). Effects of preservatives in pitfall traps for collecting arthropods: A comparison of ethylene glycol and five alternative preservatives. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 15(4), 541–546. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2022.07.001>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing Ltd.
- Musters, C. J. M., Wiggers, J. M. R., & Snoo, G. R. De. (2022). Distribution of ground-dwelling arthropods across landscapes with intensive agriculture in temperate areas ☆. *Ecological Indicators*, 140(February), 109042. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022>.
- Neher, D. A., & Barbercheck, M. E. (2019). Soil Microarthropods and Soil Health: Intersection of Decomposition and Pest Suppression in Agroecosystems. *Insects*, 10(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/insects10120414>
- Noriega, J. A., Hortal, J., Azcárate, F. M., Berg, M. P., Bonada, N., Briones, M. J. I., Del, I., Goulson, D., Ibanez, S., Landis, D. A., Moretti, M., Potts, S. G., Slade, E. M., Stout, J. C., Ulyshen, M. D., Wackers, F. L., Woodcock, B. A., & Santos, A. M. C. (2018). Research trends in ecosystem services provided by insects. *Basic and Applied Ecology*, 26, 8–23. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.006>
- Nsengimana, V., Kaplin, B. A., & Francis, F. (2018). Use of soil and litter arthropods as biological indicators of soil quality in forest plantations and agricultural lands: A Review. *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology*, 71(2), 1–12. <https://doi.org/10.25518/2030-6318.4042>
- Ojija, F., Mng, M., Aloo, B. N., & Mayengo, G. (2025). Effect of global climate change on insect populations , distribution , and its dynamics. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 28(3), 102442. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2025.102442>
- Orczewska, A., Dulik, A., Długosz, P., & Depa, Ł. (2024). Intensive Agriculture vs. Invertebrate Biodiversity: A Case Study of Woodland Islets in a Matrix of Arable Land. *Agriculture*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/agriculture14081400>
- Ovawanda, E. A., Witjaksono, & Trisyono, Y. A. (2016). Insect biodiversity in organic and non-organic rice ecosystem in the district of bantul keanekaragaman hayati serangga pada ekosistem padi sawah organik dan non-organik di kabupaten bantul. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 20(1), 15–21.
- Prado, A., Marolleau, B., Vaissière, B. E., Matthieu, B., & Torres-cortes, G. (2020). Insect pollination: an ecological process involved in the assembly of the seed microbiota. *Scientific Reports*, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60591-5>
- Pratiwi, N. P. E., & Ananda, K. D. (2021). Pengaruh suhu terhadap mortalitas serangga hama gudang *Cryptolestes ferrugineus* Stephens pada inkubator. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 14(1), 66–71. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v14i1.9087>
- Ramola, G. C., Rawat, N., Singh, R., Sajwan, A. S., Sahu, L., & Rawat, P. (2024). Insects as Ecological Indicators: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(12), 260–279. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i124623>
- Reynolds, B. C., Hamel, J., Isbanioly, J., Klausman, L., & Moorhead, K. K. (2007). From forest to fen: Microarthropod abundance and litter decomposition in a southern Appalachian floodplain/fen complex. *Pedobiologia*, 51(4), 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2007.04.006>

- Rischen, T., Frenzel, T., & Fischer, K. (2021). Biodiversity in agricultural landscapes: different non-crop habitats increase diversity of ground-dwelling beetles (Coleoptera) but support different communities. *Biodiversity and Conservation*, 30(13), 3965–3981. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02284-7>
- Rumondang, J., Asniwita, RB, W. S., & Lestari, E. (2023). Keanekaragaman Serangga Yang Berpotensi Hama Di Hutan Pendidikan Universitas Jambi. *Jurnal Silva Tropika*, 7(2), 118–129. <https://doi.org/10.22437/jurnalsilvatropika.v7i2.34671>
- Sahani, S. K., Chandra, K., Girase, I. P., Saikanth, D. R. K., Singh, S., & Swamy, G. N. (2023). Role of Insect Pollinators in Crop Production and Ecosystem. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 44(18), 42–52. <https://doi.org/10.56557/UPJOZ/2023/v44i183604>
- Salvarrey, S., Castelli, L., Invernizzi, C., Suárez, E., Ramos, Y., Aldabe, J., Bentancur, G., Burla, J. P., Remedios, M., Díaz, I., Fernández Nion, C., Santos, E., Teixeira de Mello, F., & Arbulo, N. (2025). Agricultural intensification favors dominant species while changing pollinator community compositions in a subtropical watershed of Uruguay. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1672127. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1672127>
- Samanta, S., Maji, A., Sutradhar, B., Yadav, S. V, & Bansode, G. D. (2023). Impact of Pesticides on Beneficial Insects in Various Agroecosystem: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8), 1928–1936. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i82149>
- Sembiring, C. A., Febriani, H., Hutasuht, M. A., Biologi, P. S., Sains, F., Islam, U., & Sumatera, N. (2022). Keanekaragaman Serangga Di Perkebunan Kakao (Theobroma cacao L .) Desa Juma Gerat Kecamatan Tigalingga Kabupaten Dairi Insect Diversity in Cocoa (Theobroma cacao L .) Plantation Juma Gerat Village , Tigalingga District , Dairi Regency. *Journal of Natural Sciences*, 3(1), 41–52. <https://doi.org/10.34007/jonas.v3i1.232>
- Seni, A., & Halder, J. (2022). Agriculture Letters. *Agriculture Letters*, 3(2), 42–45.
- Siregar, A. S., Bakti, D., & Zahara, F. (2014). Keanekaragaman Jenis Serangga Di Berbagai Tipe Lahan Sawah. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1640–1647.
- Stork, N. E. (2018). How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annual Review Of Entomology*, 63, 31–45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>
- Sukkar, D., Falla-Angel, J., & Laval-Gilly, P. (2025). Insect Decline in the Anthropocene: Historical Parallels and Emerging Monitoring Tools. *Insects*, 16, 1–18. <https://doi.org/10.3390/insects16080841>
- Tassoni, S., Becker, D., Kasten, M. K., Morinière, J., & Grass, I. (2024). Insect conservation in agricultural landscapes needs both high crop heterogeneity and semi-natural habitats. *Global Ecology and Conservation*, 55, e03218 Contents. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03218>
- Vishnupandi, M., Raghavendra, S., Ls, N. K., & Dh, R. (2025). Climate change and its impacts on insects: A comprehensive review. *International Journal of Research in Agronomy 2025*, 8(9), 283–288. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i9Sd.3818> Abstract
- Wu, B., Jiao, X., Sun, A., Li, F., He, J. Z., & Hu, H. W. (2023). Precipitation seasonality and soil pH drive the large-scale distribution of soil invertebrate communities in agricultural ecosystems. *FEMS Microbiology Ecology*, 99(11), 1–9. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad131>
- Yanti, O., Yudiawati, E., & Setiono, S. (2024). Keanekaragaman Serangga Pada Tanaman Padi Sawah (Oryza Sativa L) di Kecamatan Pangkalan Jambu Kabupaten Merangin. *Jurnal Sains Agro*, 9(2), 100–116. <https://doi.org/10.25130/sc.24.1.6>
- Yuliani, D., & Sastranegara, M. H. (2015). Hubungan antara Perubahan Suhu Udara Harian, Perilaku Petani dan

Keanekaragaman Serangga Penyerbuk di
Desa Serang Kecamatan Karangreja,
Kabupaten Purbalingga Jawa Tengah.

Biospecies, 8(2), 61–66.
<https://doi.org/10.22437/biospecies.v8i2.2512>