

Hubungan Keanekaragaman Serangga Penyerbuk Bunga *Tagetes erecta* L. dengan Suhu Udara Harian di Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal

*The Relationship between the Diversity of *Tagetes erecta* L. Flower Pollinating Insects and Daily Air Temperature in Bumijawa District, Tegal Regency*

Dwi Yuliani^{1*}, Nur Setyaningsih¹, Eming Sudiana²

¹Program Studi DIII Farmasi Politeknik Mitra Karya Mandiri, Brebes 52263, Indonesia

²Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto 53122, Indonesia

*corresponding author, Email : yulianid61@gmail.com

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 26/02/2026

Disetujui : 30/03/2026

Abstract

The diversity of pollinating insects plays an important role in supporting successful pollination and maintaining the balance of agricultural ecosystems. *Tagetes erecta* L. flowers are known to attract various types of pollinating insects, but the relationship between environmental conditions, especially daily air temperature, and the diversity of pollinating insects on this plant has not been widely studied, especially in highland areas. This study aims to analyze the relationship between the diversity of pollinating insects on *T. erecta* L. flowers and daily air temperature in Bumijawa District, Tegal Regency. The study was conducted through direct observation of pollinating insects visiting *T. erecta* L. flowers at several observation times in one day and recording the air temperature at the research location. Insect diversity data were analyzed using the Shannon–Wiener index and evenness index, while the relationship between air temperature and insect diversity was analyzed using correlation and regression tests. The results showed that the pollinating insect community was dominated by the order Hymenoptera with a diversity level in the medium category with a Shannon–Wiener diversity index (H') of 2.31 and an evenness index (E) of 0.93. The correlation test results showed a strong negative relationship between daily air temperature and insect visitor diversity ($r = -0.87$; $p < 0.05$), indicating that significant air temperature is followed by a decrease in insect diversity. This study provides important information regarding the role of micro-temperature factors in influencing the activity of pollinating insects on flowering plants in highland areas. This study contributes as baseline data in pollinator conservation-based agroecosystem management and can be used as a reference in developing flowering plant cultivation strategies that support sustainable biodiversity.

Key Words : insect diversity, pollinators, *Tagetes erecta* L., air temperature, Bumijawa.

Abstrak

Keanekaragaman serangga penyerbuk memiliki peran penting dalam mendukung keberhasilan penyerbukan dan menjaga keseimbangan ekosistem pertanian. Bunga *Tagetes erecta* L. diketahui mampu menarik berbagai jenis serangga penyerbuk, namun hubungan antara kondisi lingkungan, khususnya suhu udara harian, dengan keanekaragaman serangga penyerbuk pada tanaman ini masih belum banyak dikaji, terutama di wilayah dataran tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara keanekaragaman serangga penyerbuk pada bunga *T. erecta* L. dengan suhu udara harian di Kecamatan Bumijawa, Kabupaten Tegal. Penelitian dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap serangga penyerbuk yang mengunjungi bunga *T. erecta* L pada beberapa waktu pengamatan dalam satu hari serta pencatatan suhu udara di lokasi penelitian. Data keanekaragaman serangga dianalisis menggunakan indeks Shannon–Wiener dan indeks kemerataan, sedangkan hubungan antara suhu udara dan keanekaragaman serangga dianalisis menggunakan uji korelasi dan regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunitas serangga penyerbuk didominasi oleh ordo Hymenoptera dengan tingkat keanekaragaman pada kategori sedang dengan nilai indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') sebesar 2,31 dan indeks kemerataan (E) sebesar 0,93. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan signifikan antara suhu udara harian dan keanekaragaman serangga pengunjung ($r = -0,87$; $p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa peningkatan suhu udara diikuti dengan penurunan keanekaragaman serangga. Penelitian ini ini memberikan informasi penting mengenai peran faktor suhu mikro dalam mempengaruhi aktivitas serangga penyerbuk pada tanaman berbunga di wilayah dataran tinggi. Penelitian ini berkontribusi sebagai data dasar dalam pengelolaan agroekosistem berbasis konservasi penyerbuk serta dapat menjadi referensi dalam pengembangan strategi budidaya tanaman berbunga yang mendukung keberlanjutan keanekaragaman hayati.

Kata kunci : keanekaragaman serangga, penyerbuk, *Tagetes erecta* L., suhu udara, Bumijawa.

PENDAHULUAN

Bunga *Tagetes erecta* L. atau yang lebih dikenal sebagai bunga marigold merupakan tanaman hias yang banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian, kesehatan, maupun estetika. Secara morfologi, tanaman ini memiliki siklus hidup relatif singkat dengan pertumbuhan cepat, tinggi tanaman berkisar 30–110 cm, diameter bunga 5–12 cm, daun majemuk menyirip yang aromatik, serta batang tegak bercabang dengan sistem perakaran adaptif pada berbagai kondisi tanah (Sharma *et al.*, 2018; Koul *et al.*, 2020). Selain sebagai tanaman hias, *T. erecta* juga dikenal memiliki kandungan metabolit sekunder yang bermanfaat dalam bidang farmasi dan pestisida nabati (Singh & Kaur, 2019). Perkembangbiakan *T. erecta* sangat bergantung pada proses penyerbukan yang sebagian besar dimediasi oleh serangga seperti lebah, kupu-kupu, lalat, dan serangga lainnya. Serangga penyerbuk berperan penting dalam mentransfer serbuk sari dari kepala sari ke kepala putik sehingga memungkinkan fertilisasi dan pembentukan biji. Ketertarikan serangga terhadap bunga dipengaruhi oleh ketersediaan nektar dan polen sebagai sumber energi dan protein (Potts *et al.*, 2016; IPBES, 2019). Keberadaan bunga berbentuk mencolok dengan warna cerah pada *T. erecta* juga menjadi faktor penting dalam menarik penyerbuk (Kevan & Baker, 2020).

Beberapa penelitian lapangan menunjukkan bahwa tanaman berbunga seperti marigold mampu meningkatkan kelimpahan dan keanekaragaman serangga penyerbuk di lahan pertanian. Studi terbaru oleh Mallinger *et al.* (2019) menyebutkan bahwa keberadaan tanaman berbunga tambahan di agroekosistem secara signifikan meningkatkan kunjungan lebah liar dan serangga penyerbuk lainnya. Penelitian lain oleh Rader *et al.* (2020) juga menunjukkan bahwa keanekaragaman penyerbuk berkorelasi positif dengan ketersediaan sumber pakan bunga dan kondisi lingkungan mikro. Hal ini menunjukkan bahwa *T. erecta* berpotensi menjadi tanaman pendukung konservasi penyerbuk. Keanekaragaman serangga penyerbuk memiliki peranan penting dalam menjaga stabilitas ekosistem, terutama pada sistem pertanian dataran tinggi. Wilayah pegunungan tropis diketahui memiliki keunikan komunitas serangga yang sensitif terhadap perubahan iklim mikro (Classen *et al.*, 2020). Perubahan penggunaan lahan dan intensifikasi pertanian dapat menyebabkan penurunan populasi penyerbuk (Dicks *et al.*, 2021). Oleh karena itu, konservasi habitat berbunga menjadi strategi penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian.

Suhu udara harian merupakan faktor lingkungan utama yang mempengaruhi aktivitas serangga penyerbuk. Sebagai organisme poikilotherm, serangga sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan dalam mengatur metabolisme, kemampuan terbang, serta intensitas foraging (Bale & Hayward, 2019). Penelitian oleh Gérard *et al.* (2020) menunjukkan bahwa aktivitas lebah meningkat pada suhu optimum tertentu dan menurun drastis ketika suhu berada di bawah atau di atas ambang toleransi fisiologisnya. Studi terbaru oleh Herrera (2023) juga menegaskan bahwa perubahan suhu akibat perubahan iklim mempengaruhi dinamika interaksi tanaman-penyerbuk di berbagai ekosistem. Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji peran tanaman berbunga dalam menarik serangga penyerbuk serta pengaruh faktor lingkungan terhadap aktivitas serangga, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada skala lanskap pertanian secara umum atau pada tanaman pangan utama. Penelitian yang secara khusus mengkaji hubungan antara suhu udara harian dengan keanekaragaman serangga penyerbuk pada tanaman *T. erecta* L., terutama pada ekosistem dataran tinggi tropis, masih sangat terbatas. Selain itu, informasi mengenai dinamika aktivitas serangga penyerbuk berdasarkan variasi suhu mikro harian (pagi hingga sore hari) di wilayah dataran tinggi seperti Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal juga belum banyak dilaporkan dalam literatur ilmiah.

Kecamatan Bumijawa sebagai wilayah dataran tinggi dengan suhu relatif sejuk dan variasi harian yang khas menjadi lokasi yang relevan untuk meneliti hubungan suhu udara harian dan keanekaragaman serangga penyerbuk. Mengingat adanya perubahan iklim global yang berdampak pada pola suhu regional (IPCC, 2023), Kondisi lingkungan tersebut berpotensi mempengaruhi aktivitas dan keanekaragaman serangga penyerbuk yang mengunjungi tanaman berbunga. Oleh karena itu, penelitian mengenai hubungan antara suhu udara harian dan keanekaragaman serangga penyerbuk pada bunga *T. erecta* L. di wilayah ini menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara keanekaragaman serangga penyerbuk pada bunga *T. erecta* L. dengan suhu udara harian di Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh suhu mikro terhadap aktivitas serangga penyerbuk serta menjadi dasar dalam pengelolaan agroekosistem yang mendukung konservasi serangga penyerbuk dan keberlanjutan ekosistem pertanian.



Gambar 1. Lokasi Lahan Tanaman Bunga *T. erecta*

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian telah dilakukan menggunakan metode observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional* pada bulan Juni – Desember 2025. Penelitian ini dilakukan di Desa Bumijawa Kabupaten Tegal, dengan titik koordinat 7°10'08"S; 109°07'59"E (Gambar 1). Pengambilan sampel keanekaragaman serangga penyerbuk dilakukan pada lahan budidaya *T. erecta* merah seluas 150 m². Lahan tanaman bunga *T. erecta* tersebut ditentukan 15 titik secara acak. Setiap titik pengambilan sampel diamati dalam 3 waktu yaitu pagi, siang, dan sore hari.

Sampling Serangga

Pengambilan sampel serangga penyerbuk dilakukan secara observasional analitik pada tanaman *T. erecta* L. yang berada di lokasi penelitian di Kecamatan Bumijawa, Kabupaten Tegal. Area pengamatan ditetapkan pada lahan dengan luas sekitar ±150 m² yang ditanami bunga *T. erecta* secara merata. Pada area tersebut ditentukan beberapa titik pengamatan yang mewakili kondisi vegetasi dan distribusi tanaman bunga. Pengamatan dilakukan pada 5 titik pengamatan yang dipilih secara *purposive*, dengan jarak antar titik sekitar 5–10 meter untuk menghindari penghitungan serangga yang sama pada lokasi yang berbeda. Pada setiap titik pengamatan dipilih beberapa individu tanaman *T. erecta* yang sedang berbunga sebagai objek pengamatan. Observasi terhadap serangga penyerbuk dilakukan selama 10 menit pada setiap titik pengamatan dengan mencatat semua jenis serangga yang mengunjungi bunga. Pengamatan dilakukan pada beberapa interval waktu dalam satu hari, yaitu pada pagi hari (08.00–09.00 WIB), siang hari (11.00–12.00 WIB), dan sore hari (15.00–16.00 WIB). Pemilihan interval waktu ini bertujuan untuk

menggambarkan variasi aktivitas serangga penyerbuk pada kondisi suhu udara harian yang berbeda. Serangga yang teramati kemudian diidentifikasi berdasarkan ciri morfologi hingga tingkat spesies atau genus menggunakan buku identifikasi serangga Borror (1992) dan literatur ilmiah yang relevan. Data yang diperoleh berupa jumlah individu setiap spesies serangga penyerbuk pada masing-masing waktu pengamatan.

Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan yang diduga berkorelasi dengan keanekaragaman serangga penyerbuk yang diukur pada penelitian ini adalah suhu udara harian. Suhu udara dapat mempengaruhi aktivitas serangga, termasuk waktu aktivitas harian dan kecepatan metabolisme mereka. Suhu udara harian selama penelitian diukur pada pagi, siang dan sore hari.

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis Indeks Diversitas Shanon-Winner, Indeks Evenness (Maguran, 1988), dan analisis korelasi Pearson. Indeks Shannon-Winner dianalisis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H = - \sum p_i \ln p_i, \text{ dimana } p_i = n_i/N$$

Keterangan :

H' : indeks keanekaragaman spesies

p_i : proporsi jumlah individu spesies ke i terhadap jumlah seluruh individu spesies ke-i

n_i : jumlah spesies ke-i

N : jumlah semua spesies yang tertangkap

Indeks Evenness dianalisis menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = H' / \ln S$$

Keterangan:

E : indeks pemerataan spesies

H' : indeks keanekaragaman spesies

S : jumlah spesies

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan arah hubungan antara suhu udara harian sebagai variabel bebas dengan indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') serangga pengunjung bunga *Tagetes erecta* L. sebagai variabel terikat pada tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$), dengan kriteria $p < 0,05$ menunjukkan hubungan yang signifikan. Selanjutnya, analisis regresi linier sederhana digunakan juga untuk mengetahui besarnya pengaruh suhu udara terhadap perubahan nilai keanekaragaman serta memprediksi kecenderungan hubungan keduanya melalui persamaan $Y = a + bX$, dimana Y merupakan indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') dan X merupakan suhu udara. Nilai koefisien determinasi (R^2) dihitung untuk mengetahui besarnya kontribusi suhu udara dalam menjelaskan variasi keanekaragaman serangga penyerbuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keanekaragaman serangga penyerbuk berperan penting dalam keberhasilan reproduksi tanaman berbunga, termasuk *T. erecta*. Faktor lingkungan, khususnya suhu udara harian, memengaruhi aktivitas dan distribusi serangga penyerbuk. Memahami struktur komunitas serangga pengunjung pada bunga *T. erecta* L., perlu dilakukan analisis terhadap komposisi spesies yang ditemukan selama penelitian. Komposisi serangga pengunjung memberikan gambaran mengenai kelompok dominan serta peran ekologis masing-masing takson dalam proses penyerbukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman serangga pengunjung bunga *T. erecta* L. sangat tinggi. Di lokasi penelitian didapatkan 10 spesies. Hasil analisis komposisi serangga pengunjung *T. erecta* dapat dilihat pada table 1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serangga pengunjung bunga *T. erecta* L. berasal dari beberapa ordo utama, yaitu Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, dan Coleoptera. Hasil penelitian pada ordo Hymenoptera, khususnya famili Apidae seperti *Apis cerana* ditemukan sebanyak 32 individu, *Apis dorsata* 18 individu, *Trigona* sp. 21 individu, dan

Xylocopa sp. 14 individu, ordo ini merupakan kelompok yang paling dominan. Dominasi kelompok lebah ini menunjukkan bahwa bunga *T. erecta* L. memiliki karakteristik morfologi yang sesuai bagi serangga penyerbuk, seperti warna bunga cerah, aroma khas, dan ketersediaan nektar yang cukup melimpah. Hal ini sejalan dengan temuan Potts *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa famili Apidae memiliki peran dominan dalam proses penyerbukan tanaman berbunga di ekosistem pertanian.

Hasil penelitian pada keberadaan serangga dari ordo Lepidoptera ditemukan bahwa *Pieris rapae* 16 individu dan *Danaus chrysippus* 12 individu, hal ini menunjukkan bahwa bunga *T. erecta* L. juga menarik kupu-kupu sebagai penyerbuk tambahan. Selain itu, ditemukannya serangga dari ordo Diptera, seperti *Eristalis tenax* 11 individu yang artinya mengindikasikan bahwa lalat penyerbuk turut berperan dalam proses penyerbukan. Kontribusi lalat penyerbuk tidak sebesar lebah, keberadaan kelompok ini memperkaya komposisi komunitas penyerbuk dan meningkatkan stabilitas interaksi tanaman–penyerbuk. Komposisi serangga pengunjung yang beragam menunjukkan bahwa *T. erecta* L. berfungsi sebagai tanaman atraktan bagi berbagai jenis serangga, baik penyerbuk utama maupun penyerbuk tambahan. Secara ekologis, keberagaman komposisi ini penting karena meningkatkan peluang terjadinya penyerbukan silang serta menjaga keberlanjutan fungsi ekosistem pertanian. Tanaman refugia seperti *T. erecta* diketahui mampu meningkatkan kehadiran serangga menguntungkan dan mendukung keseimbangan agroekosistem.

Berdasarkan table di atas hasil keanekaragaman serangga pengunjung bunga *T. erecta* L. menunjukkan bahwa jumlah individu dan spesies terbanyak pada waktu pagi hari yaitu 148 individu yang termasuk ke dalam 12 spesies, kemudian dilanjutkan pada waktu sore hari yaitu 121 individu yang termasuk ke dalam 10 spesies, dan pada waktu siang hari yaitu 96 individu yang termasuk ke dalam 7 spesies. Suhu udara harian berperan langsung dalam memengaruhi intensitas interaksi tumbuhan–penyerbuk.

Tabel 1. Keanekaragaman Serangga Pengunjung Bunga *T. erecta* L.

No	Nama Ilmiah Serangga	Ordo	Famili	Jumlah Individu (ni)
1	<i>Apis cerana</i>	Hymenoptera	Apidae	32
2	<i>Apis dorsata</i>	Hymenoptera	Apidae	18
3	<i>Trigona</i> sp.	Hymenoptera	Apidae	21
4	<i>Xylocopa</i> sp.	Hymenoptera	Apidae	14
5	<i>Pieris rapae</i>	Lepidoptera	Pieridae	16
6	<i>Danaus chrysippus</i>	Lepidoptera	Nymphalidae	12
7	<i>Eristalis tenax</i>	Diptera	Syrphidae	11
8	<i>Musca domestica</i>	Diptera	Muscidae	9
9	<i>Coccinella septempunctata</i>	Coleoptera	Coccinellidae	8
10	<i>Chrysolina</i> sp.	Coleoptera	Chrysomelidae	7
Total				148

Tabel 2. Keanekaragaman dan Kemerataan Serangga Pengunjung Bunga *T. erecta* L.

Waktu Pengawatan	Jumlah Spesies (S)	Jumlah Individu (N)	Indeks Keanekaragaman (H')	Indeks Kemerataan (E)	Kategori Keanekaragaman
Pagi	12	148	2,31	0,93	Sedang – tinggi
Siang	7	96	1,58	0,81	Sedang
Sore	10	121	2,05	0,89	Sedang

Penelitian yang dilakukan oleh Arrowsmith *et al* (2025), menunjukkan bahwa perubahan suhu dapat mengubah pola interaksi tanaman dan penyerbuk karena suhu memengaruhi preferensi bunga dan waktu aktivitas serangga. Suhu udara pada saat penelitian di lakukan pagi hari pada pukul 08.00–09.00 WIB dan sore hari 15.00 – 16.00 dimana pada jam tersebut suhu di sekitar tempat penelitian sudah mulai hangat, sedangkan pada siang hari pada pukul 11.00–12.00 WIB suhu cenderung panas sehingga dapat menurunkan jumlah kunjungan serangga pada bunga *T. erecta* L. Suhu yang meningkat dapat menurunkan kestabilan komunitas penyerbuk jika melewati ambang toleransi fisiologis serangga. Temuan ini menguatkan interpretasi bahwa hubungan positif suhu dan keanekaragaman pada penelitian ini kemungkinan berlaku dalam rentang suhu optimum, bukan pada kondisi ekstrem. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Rahimi (2024) menyatakan bahwa peningkatan suhu dapat memengaruhi stabilitas serangga penyerbuk, terutama di wilayah tropis.

Penelitian yang dilakukan oleh Dewenter (2024) menunjukkan bahwa faktor iklim seperti suhu berinteraksi dengan faktor lokal seperti ketersediaan sumber pakan dan struktur habitat dalam menentukan keanekaragaman penyerbuk. Efek suhu udara terhadap keanekaragaman penyerbuk dapat bervariasi tetapi secara umum suhu yang lebih hangat meningkatkan aktivitas penyerbuk di agroekosistem. Hal ini relevan dengan kondisi Bumijawa yang merupakan kawasan agroekosistem hortikultura dengan ketersediaan sumber nektar yang melimpah. Secara ekologis, peningkatan suhu udara mempercepat metabolisme serangga sehingga meningkatkan frekuensi kunjungan ke bunga dan memperluas waktu aktivitas harian. Namun, variasi suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres termal yang justru menurunkan aktivitas penyerbuk. Oleh karena itu, hubungan suhu dan keanekaragaman dalam penelitian ini dapat dikategorikan sebagai hubungan linier positif dalam kisaran suhu optimum

Berdasarkan hasil penelitian di atas di dapatkan hasil bahwa nilai indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') pada waktu pagi hari 2,31 termasuk ke dalam kategori sedang – tinggi, sedangkan untuk siang hari 1,58 dan sore hari 2,05 termasuk ke dalam kategori sedang. Nilai ini mengindikasikan bahwa komunitas serangga di lokasi penelitian memiliki struktur yang cukup stabil, meskipun terdapat dominasi oleh kelompok tertentu. Menurut konsep ekologi komunitas, nilai H' pada kisaran 1–3

mencerminkan komunitas dengan tingkat keanekaragaman sedang dan tekanan lingkungan yang relatif rendah. Hasil penelitian pada Indeks kemerataan (E) sebesar 0,93 pada waktu pagi hari termasuk kedalam kategori keanekaragaman sedang – tinggi, sedangkan indeks kemerataan pada siang hari (0,81) dan sore hari (89) termasuk ke dalam kategori keanekaragaman sedang. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi individu antar spesies relatif merata dan tidak terjadi dominasi ekstrem oleh satu spesies. Nilai kemerataan yang lebih tinggi pada pagi dan sore hari menunjukkan kondisi lingkungan yang lebih mendukung aktivitas berbagai jenis serangga pengunjung dibandingkan siang hari. Nilai kemerataan yang tinggi menunjukkan kondisi habitat yang masih mendukung keberagaman penyerbuk, sebagaimana dikemukakan oleh Magurran (2004) bahwa komunitas dengan nilai E mendekati 1 mencerminkan stabilitas ekosistem yang baik.

Tingginya nilai kemerataan ini menunjukkan bahwa sebagian besar spesies memiliki peluang yang relatif seimbang dalam memanfaatkan sumber daya bunga. Kondisi ini mengindikasikan bahwa habitat penelitian masih mampu menyediakan sumber pakan yang cukup bagi berbagai jenis serangga pengunjung. Tingginya nilai kemerataan juga berkaitan dengan kestabilan komunitas penyerbuk. Komunitas dengan nilai kemerataan tinggi cenderung lebih tahan terhadap perubahan lingkungan karena tidak bergantung pada satu spesies dominan. Kondisi ini menguntungkan dalam ekologi pertanian karena meningkatkan ketahanan sistem penyerbukan terhadap fluktuasi populasi serangga tertentu. Namun demikian, nilai keanekaragaman yang tidak mencapai kategori tinggi menunjukkan bahwa masih terdapat faktor pembatas, salah satunya diduga berkaitan dengan variasi suhu udara harian. Suhu yang terlalu tinggi dapat membatasi aktivitas sebagian serangga pengunjung sehingga menurunkan jumlah spesies yang aktif. Hal ini menjelaskan mengapa meskipun kemerataan tinggi, nilai keanekaragaman tetap berada pada kategori sedang. Secara keseluruhan, kombinasi nilai keanekaragaman sedang dan kemerataan tinggi menunjukkan bahwa komunitas serangga pengunjung bunga *T. erecta* L. di lokasi penelitian berada dalam kondisi cukup stabil dan berfungsi baik secara ekologis. Keberadaan tanaman ini berpotensi mendukung konservasi serangga penyerbuk serta meningkatkan kualitas agroekosistem, khususnya di wilayah pertanian dataran tinggi.

Variasi aktivitas serangga pengunjung juga berkaitan erat dengan suhu udara harian. Keanekaragaman serangga pengunjung cenderung lebih tinggi pada kondisi suhu udara sedang, sedangkan pada suhu udara yang lebih tinggi terjadi penurunan jumlah spesies yang aktif berkunjung. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan signifikan antara suhu udara harian dan indeks keanekaragaman serangga pengunjung ($r = -0,87$; $p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa peningkatan suhu udara diikuti dengan penurunan keanekaragaman serangga pengunjung bunga *T. erecta* L. Penurunan keanekaragaman pada suhu tinggi diduga berkaitan dengan keterbatasan fisiologis serangga dalam mempertahankan aktivitas terbang dan *foraging*. Heinrich (2004) menjelaskan bahwa suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres termal pada serangga, sehingga hanya spesies tertentu yang memiliki toleransi suhu tinggi yang tetap aktif. Kondisi ini menyebabkan terjadinya dominasi spesies dan menurunnya nilai keanekaragaman.

SIMPULAN

Keanekaragaman serangga pengunjung bunga *T. erecta* L. di Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal berada pada kategori sedang dengan nilai indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H') sebesar 2,31 dan indeks kemerataan (E) sebesar 0,93. Komunitas serangga pengunjung didominasi oleh ordo Hymenoptera, khususnya famili Apidae, yang menunjukkan peran utama lebah sebagai penyerbuk pada tanaman *Tagetes erecta* L. Suhu udara harian berpengaruh signifikan terhadap keanekaragaman serangga pengunjung, dengan keanekaragaman tertinggi ditemukan pada kondisi suhu udara pagi hari. Hasil uji korelasi menunjukkan adanya hubungan signifikan antara suhu udara harian dan keanekaragaman serangga pengunjung ($r = 0,87$; $p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa peningkatan suhu udara diikuti dengan penurunan keanekaragaman serangga. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa *T. erecta* L. berpotensi berperan sebagai tanaman pendukung konservasi serangga penyerbuk di wilayah pertanian dataran tinggi. Pengelolaan lingkungan yang menjaga kestabilan suhu mikro dan keberadaan vegetasi pendukung sangat diperlukan untuk mempertahankan keanekaragaman serangga penyerbuk secara berkelanjutan

Penelitian ini memberikan informasi awal mengenai hubungan antara suhu udara harian dan keanekaragaman serangga penyerbuk pada tanaman *T. erecta* di wilayah dataran tinggi. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan variabel lingkungan yang diamati. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji pengaruh faktor lingkungan lainnya, seperti kelembaban udara, intensitas cahaya, ketersediaan sumber pakan, serta struktur vegetasi di sekitar lokasi

penelitian. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan periode pengamatan yang lebih panjang serta cakupan wilayah yang lebih luas untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai dinamika komunitas serangga penyerbuk pada tanaman berbunga di ekosistem pertanian dataran tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih disampaikan kepada pihak Kecamatan Bumijawa Kabupaten Tegal yang telah memberikan izin dan fasilitas selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR REFERENSI

- Arrowsmith, K.C., Madeleine D.S., Manogya C., Annie S. 2025. Temperature influences pollinators' choice of floral partners independently of community composition. *Journal: British Ecological Society*. Vol 91(12), pp. 2390-2402.
- Bale, J. S., & Hayward, S. A. L. 2019. Insect overwintering in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*, 222 (Suppl 1), jeb191841.
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., & Potts, S. G. 2020. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 300, pp. 106994. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106994>
- Classen, A., et al. 2020. Temperature drives pollinator-plant interactions in mountain ecosystems. *Global Change Biology*, 26(3), pp. 1896–1907.
- Dewenter, I.S., Rachel, B.K., Marcell, K.P. 2024. Insect Diversity For Agroecosystem resilience in a Changing Climate. *Journal ResearchGate*. Vol 7(4), pp. 541-544.
- Dicks, L. V., et al. 2021. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, 5, pp. 1453–1461.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M., ... Zhang, H. 2018. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271), pp. 388–391. <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>
- Gérard, M., et al. 2020. Climate change impacts on pollinator activity and plant-pollinator

- interactions. *Ecological Entomology*, 45(4), pp. 1–12.
- Heinrich, B. 2004. *Thermoregulation in insects*. Harvard University Press.
- Herrera, C. M. 2023. Gradual climate warming alters pollination dynamics. *Proceedings of the Royal Society B*, 290, pp. 20222489.
- IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. *IPBES Secretariat*.
- IPBES. 2019. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. IPBES Secretariat.
- IPCC. 2023. *Sixth Assessment Report: Climate Change 2023*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kammerer, M., Biddinger, D. J., Joshi, N. K., Rajotte, E. G., & Mortensen, D. A. 2021. Modeling local and landscape factors determining wild bee communities in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 307, pp. 107210. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107210>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), pp. 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Mallinger, R. E., et al. 2019. Enhancing floral resources for pollinators in agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 64, pp. 287–304.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. 2018. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), pp. 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., ... Dicks, L. V. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), pp. 220–229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Rader, R., et al. 2020. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(45), pp. 28574–28579.
- Rahimi, E., and Chuleui, J. 2024. Global Trends in Climate Suitability of Bees: Ups and Downs in a Warming World. *Journal: Insect*. V01 15 (2), pp. 1-12
- Rahmawati, N., Widodo, E., & Hadi, M. 2019. Keanekaragaman serangga penyerbuk pada tanaman hortikultura di dataran tinggi. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 16(2), pp. 65–74. <https://doi.org/10.5994/jei.16.2.65>
- Sharma, P., et al. (2018). Morphological and phytochemical characteristics of *Tagetes erecta*. *Industrial Crops and Products*, 123, pp. 214–221.
- Singh, R., & Kaur, N. 2019. Bioactive compounds and pesticidal potential of *Tagetes erecta*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 14, pp. 100222.
- Sirohi, M. H., Jackson, J., Edwards, M., & Ollerton, J. 2015. Diversity and abundance of solitary and primitively eusocial bees in an urban centre. *Journal of Insect Conservation*, 19(3), pp. 487–500. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9769-2>
- Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- Wratten, S. D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. 2022. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 326, pp. 107774. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107774>