

**ANALISIS KOMPARASI KERAGAMAN SERANGGA DIURNAL DI  
PERKEBUNAN KOPI ROBUSTA PADA PERIODE VEGETATIF  
BERDASARKAN PREDIKSI KECERDASAN BUATAN DAN  
EKSPLORASI LAPANGAN**

**Skripsi**

**WINARNO  
NPM 2217061045**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**ANALISIS KOMPARASI KERAGAMAN SERANGGA DIURNAL DI  
PERKEBUNAN KOPI ROBUSTA PADA PERIODE VEGETATIF  
BERDASARKAN PREDIKSI KECERDASAN BUATAN DAN  
EKSPLORASI LAPANGAN**

**Oleh**

**WINARNO**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### ANALISIS KOMPARASI KERAGAMAN SERANGGA DIURNAL DI PERKEBUNAN KOPI ROBUSTA PADA PERIODE VEGETATIF BERDASARKAN PREDIKSI KECERDASAN BUATAN DAN EKSPLORASI LAPANGAN

Oleh

WINARNO

Agroforestri kopi robusta merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang berperan penting dalam mendukung keanekaragaman hayati, khususnya serangga diurnal yang berfungsi sebagai polinator, herbivora, predator, dan dekomposer. Keberadaan serangga diurnal pada fase vegetatif mencerminkan kondisi ekologis dan stabilitas interaksi biotik dalam agroforestri kopi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keragaman serangga diurnal di perkebunan kopi robusta pada periode vegetatif berdasarkan prediksi kecerdasan buatan (ChatGPT 5.1 *Free Version*) dan eksplorasi lapangan di Desa Wiyono, Lampung. Data lapangan dikumpulkan melalui metode *hand collecting*, *sweeping net*, *pitfall trap*, dan *yellow sticky trap*, disertai pengukuran faktor lingkungan berupa suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, pH tanah, dan intensitas cahaya. Keragaman serangga dianalisis menggunakan indeks Shannon–Wiener ( $H'$ ) dan indeks dominansi Simpson ( $C$ ), sedangkan tingkat kesamaan komunitas dianalisis menggunakan indeks Sørensen. Hasil penelitian menunjukkan indeks keragaman berdasarkan prediksi ChatGPT 5.1 *Free Version* menghasilkan nilai  $H'$  sebesar 2,81 dan  $C$  sebesar 0,08, sedangkan berdasarkan eksplorasi lapangan menghasilkan nilai  $H'$  sebesar 2,72 dan  $C$  sebesar 0,11, dengan komunitas serangga diurnal tersusun atas sembilan ordo dan beberapa ordo utama yang berkontribusi terhadap struktur komunitas. Perbandingan komposisi spesies menunjukkan nilai indeks kesamaan Sørensen sebesar 21,33%, yang menandakan tingkat kesamaan komunitas yang rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa kecerdasan buatan mampu merepresentasikan pola umum keragaman serangga diurnal, namun eksplorasi lapangan tetap diperlukan untuk memperoleh gambaran komposisi spesies yang akurat dan kontekstual.

Kata kunci: agroforestri, ChatGPT, indeks keanekaragaman, kopi robusta, serangga diurnal

## **ABSTRACT**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF DIURNAL INSECT DIVERSITY IN ROBUSTA COFFEE PLANTATIONS DURING THE VEGETATIVE PHASE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE PREDICTIONS AND FIELD EXPLORATION**

**By**

**WINARNO**

Robusta coffee agroforestry is a sustainable agricultural system that plays an important role in supporting biodiversity, particularly diurnal insects that function as pollinators, herbivores, predators, and decomposers. The presence of diurnal insects during the vegetative phase reflects ecological conditions and the stability of biotic interactions within coffee agroforestry systems. This study aimed to compare the diversity of diurnal insects in robusta coffee plantations during the vegetative period based on artificial intelligence predictions (ChatGPT 5.1 Free Version) and field exploration conducted in Wiyono Village, Lampung. Field data were collected using hand collecting, sweep netting, pitfall traps, and yellow sticky traps, accompanied by measurements of environmental factors including temperature, air humidity, soil pH, and light intensity. Insect diversity was analyzed using the Shannon–Wiener diversity index ( $H'$ ) and Simpson's dominance index ( $C$ ), while community similarity was assessed using the Sørensen similarity index. The results showed that the diversity index based on ChatGPT 5.1 Free Version predictions yielded an  $H'$  value of 2.81 and a  $C$  value of 0.08, whereas based on field exploration resulted in an  $H'$  value of 2.72 and a  $C$  value of 0.11. The diurnal insect community consisted of nine orders, with several dominant orders contributing significantly to community structure. Comparison of species composition revealed a Sørensen similarity index of 21.33%, indicating a low level of community similarity. These findings suggest that artificial intelligence is capable of representing general patterns of diurnal insect diversity; however, field exploration remains essential to obtain accurate and context-specific information on species composition.

**Keywords:** agroforestry, ChatGPT, diversity index, diurnal insects, robusta coffee

Judul Skripsi : ANALISIS KOMPARASI KERAGAMAN  
SERANGGA DIURNAL DI PERKEBUNAN  
KOPI ROBUSTA PADA PERIODE VEGETATIF  
BERDASARKAN PREDIKSI KECERDASAN  
BUATAN DAN EKSPLORASI LAPANGAN

Nama Mahasiswa : Winarno

Nomor Pokok Mahasiswa : 2217061045

Program Studi : Biologi Terapan

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

**Priambodo, S.Pd., M.Sc.**  
NIP 198611142015041003

Pembimbing II

**Nindy Permatasari, S.Pd., M.Sc.**  
NIP 198912092022032005

**2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA UNILA**

**Dr. Jani Mastet, S.Si., M.Si.**  
NIP 198301312008121001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Priyambodo, S.Pd., M.Sc.**



**Sekretaris : Nindy Permatasari, S.Pd., M.Sc.**



**Anggota : Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP 197110012005011002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 06 Maret 2026**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang beratanda tangan di bawah ini:

Nama : Winarno  
NPM : 2217061045  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya berjudul  
**“Analisis Komparasi Keragaman Serangga Diurnal di Perkebunan Kopi Robusta pada Periode Vegetatif Berdasarkan Prediksi Kecerdasan Buatan dan Eksplorasi Lapangan”.**

Baik gagasan dan pembahasannya adalah karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik baik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 11 Maret 2026

Yang menyatakan,

  
Winarno  
NPM 2217061045



## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kab. Pesisir Barat, Lampung pada tanggal 02 Agustus 2004, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari Bapak Kartolo dan Ibu Maryanti. Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 4 Biha pada tahun 2010 – 2016.

Penulis melanjutkan tingkat pendidikannya di Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Biha pada

2016 – 2019 dan tingkat Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Pesisir Selatan pada 2019 – 2022. Penulis resmi diterima sebagai mahasiswa Program Studi Biologi Terapan, Jurusan Biologi, Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi, Universitas Lampung. Penulis aktif menjadi asisten Laboratorium Botani dan asisten praktikum mata kuliah Genetika, Analisis Bahan Pangan, Botani Tumbuhan Tinggi, dan Taksonomi Hewan Vertebrata. Penulis juga berkesempatan menjadi *Awardee BSI Scholarship batch 3* yang diadakan oleh BSI Maslahat.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di Laboratorium *Exploration Synthesis of Bioactive Compounds* (ESBC), Pusat Riset Rekayasa Molekul Hayati, *Research Center for Bio-Molecule Engineering* (BIOME), Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur pada tahun 2024 dengan judul “Aktivitas Antioksidan Dari Ekstrak Tumbuhan Terseleksi Menggunakan Metode DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*)”. Penulis juga aktif menjadi *presenter* pada seminar internasional seperti *The 3<sup>rd</sup> International Conference on Medical Science and Health* (ICOMESH) 2024 dan 2025 serta *2<sup>nd</sup> International Colloquium in Medical Biotechnology and Health Sciences* (ICMBHS) 2025.

Selama berkuliah penulis menghasilkan 9 publikasi ilmiah, dimana dua diantaranya menjadi penulis utama dengan judul “Manifestasi Keragaman Karakter Fenotipe Daun dalam Kajian Genetika Populasi Kopi Robusta (*Coffea canephora*) di Lembah Gunung Betung Titik Bogorejo Pesawaran Lampung” pada jurnal BIO EDU: Jurnal Pendidikan Biologi Vol 10, No.01; 49-67,2025 dan “*Phenotypic Diversity in First Plagiotropic Branch of Caffeine Producing Robusta Coffee Population in Gunung Betung, Bogorejo*” pada Proseding ICOMESH Vol 2, No 1, 2024.

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, aku persembahkan hasil karyaku dengan penuh kasih dan cinta kepada: Ibu, Bapak, dan keluargaku yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, dan semangat baik moral dan materil, serta senantiasa mendoakan di setiap langkahku.*

*Ibu dan Bapak dosen pembimbing yang dengan sangat sabar telah memberikan bimbingan, arahan, dan semangat.*

*Teman - teman seperjuangan yang senantiasa berjuang dan saling memberikan dukungan serta semangat satu sama lain.*

*Almamater tercinta, Jurusan Biologi, Universitas Lampung*

## SANWACANA

Alhamdulillahirrabil'alamin, puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat meraih gelar Sarjana Sains. Skripsi yang berjudul **“Analisis Komparasi Keragaman Serangga Diurnal di Perkebunan Kopi Robusta pada Periode Vegetatif Berdasarkan Prediksi Kecerdasan Buatan dan Eksplorasi Lapangan”** telah dilaksanakan dengan bantuan dan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria., S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
3. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Terapan, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung. Serta sebagai dosen Pembimbing Akademik dan juga dosen penguji. Penulis mengucapkan banyak terimakasih karena telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dan telah menjadi orangtua dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi.
4. Kedua orangtua penulis, yaitu Bapak Kartolo dan Ibu Maryanti serta kakak penulis Yuni Kartika, yang selalu memberikan semangat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi.
5. Bapak Priyambodo, S.Pd., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar telah membimbing, memberikan semangat, dan memberikan arahan dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi. Penulis mengucapkan

6. banyak terima kasih karena telah menjadi pembimbing skripsi, orangtua, dan guru yang sangat memotivasi.
7. Ibu Nindy Permatasari, S.Pd., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar telah membimbing, memberikan semangat, dan memberikan ilmu selama proses penelitian dan penyusunan skripsi. Penulis mengucapkan banyak terima kasih karena telah menjadi pembimbing skripsi, orangtua, dan guru yang sangat memotivasi.
8. Suhada, selaku salah satu rekan dan pemilik Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Betung, Wiyono, Pesawaran, Lampung.
9. Kepada Tim Keris Priyambodo 2025, Aril Afandi, Anggi Safitri, Asyifa Zahara Fitriyah, Vivin Apriani, Nur Ayu Saputri, Annisa Lidya Maharani, M. Idris Afta Pratama, Rama Arsalta Bara Saputra, Arrahmaan Syah Pawaka, Nabila Aulia Rhamadaningtyas, Yolande Cathleya Soegiharto dan Cindy Ameliya Vega yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan data dan menyelesaikan penulisan skripsi.
10. Kepada sahabat penulis Febrian Cahyadi, M. Damar Syahputra, dan Putri Anggita, yang selalu membantu penulis dalam perkuliahan dan juga penulisan skripsi.
11. Mba Dhiny Suntya Putri, Lyra Carisca Tresya, dan seluruh asisten Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung yang menjadi keluarga serta rumah kedua bagi penulis semasa kuliah.
12. Bapak dan Ibu dosen serta staf Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan dalam penyusunan karya tulis ilmiah di kemudian hari.

Bandar Lampung, 11 Maret 2026

Penulis

Winarno

## **MOTTO**

*“Saya bukan apa-apa tapi saya harus menjadi segalanya”*

**(Karl Marx)**

*“Semakin aku banyak membaca, semakin aku banyak berpikir; semakin aku banyak belajar, semakin aku sadar bahwa aku tak mengetahui apa pun.”*

**(Voltaire)**

*"Doa memberikan kekuatan pada orang yang lemah, membuat orang tidak percaya menjadi percaya dan memberikan keberanian pada orang yang ketakutan."*

**(Aristoteles)**

*“Kemarin aku merasa pintar; maka aku ingin mengubah dunia. Hari ini aku menjadi bijaksana, maka aku mulai mengubah diriku sendiri”*

**(Jalal ad-Din Rumi)**

## DAFTAR ISI

|                                                                                                    |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                                             | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                                          | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                                         | <b>xiv</b>  |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>                                                                        | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                                           | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                                          | 4           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                                        | 5           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                                                       | 5           |
| 1.5 Kerangka Pikir .....                                                                           | 5           |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                                                                  | <b>7</b>    |
| 2.1 Kopi Robusta ( <i>Coffea canephora</i> ) .....                                                 | 7           |
| 2.2 Serangga ( <i>Insecta</i> ) .....                                                              | 9           |
| 2.2.1 Klasifikasi Serangga .....                                                                   | 10          |
| 2.2.2 Serangga Diurnal .....                                                                       | 11          |
| 2.2.3 Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Aktivitas Serangga Diurnal....                            | 12          |
| 2.3 ChatGPT dalam Prediksi Keanekaragaman Serangga .....                                           | 13          |
| 2.4 Metode Penilaian Keanekaragaman Serangga .....                                                 | 14          |
| <b>III. METODE PENELITIAN .....</b>                                                                | <b>16</b>   |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....                                                               | 16          |
| 3.2 Alat dan Bahan.....                                                                            | 17          |
| 3.3 Alur Penelitian .....                                                                          | 17          |
| 3.3.1 Studi Pustaka .....                                                                          | 20          |
| 3.3.2 Prediksi Menggunakan ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> .....                                   | 20          |
| 3.3.3 Survei Pendahuluan .....                                                                     | 22          |
| 3.3.4 Pengukuran Parameter Lingkungan.....                                                         | 22          |
| 3.3.5 Eksplorasi Lapangan.....                                                                     | 22          |
| 3.3.6 Tabulasi Data Eksplorasi Lapangan dan Data Prediksi ChatGPT 5.1<br><i>Free Version</i> ..... | 28          |
| 3.4 Analisis Data .....                                                                            | 30          |

|            |                                                                                                                              |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5        | Komparasi Data Lapangan dan ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> .....                                                            | 32        |
| <b>IV.</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                                                            | <b>33</b> |
| 4.1        | Parameter Lingkungan di Lokasi Penelitian .....                                                                              | 33        |
| 4.2        | Prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> terhadap Keragaman Serangga .....                                                   | 36        |
| 4.3        | Serangga Hasil Eksplorasi Lapangan.....                                                                                      | 38        |
| 4.4        | Komparasi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> dengan Eksplorasi Lapangan .....                                                   | 43        |
| 4.4.1      | Perbandingan Nilai Indeks Keragaman dan Dominansi .....                                                                      | 48        |
| 4.4.2      | Perbandingan Komposisi Ordo Serangga Diurnal .....                                                                           | 48        |
| 4.4.3      | Tingkat Kesamaan Komposisi Spesies Serangga antara Eksplorasi<br>Lapangan dan Prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> ..... | 50        |
| 4.4.4      | Manfaat Ekologi Temuan Penelitian                                                                                            |           |
| <b>V.</b>  | <b>SIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                                                                               | <b>52</b> |
|            | <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                                                   | <b>53</b> |
|            | <b>LAMPIRAN.....</b>                                                                                                         | <b>63</b> |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                                                                                      | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Sumber dataset prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> .....                                                                           | 19      |
| 2. Penyusunan <i>initial prompt</i> ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> berdasarkan parameter lingkungan untuk prediksi serangga diurnal.....  | 20      |
| 3. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan di Perkebunan Kopi Robusta Desa Wiyono.....                                                       | 33      |
| 4. Indeks Keragaman Shanon Wiener ( $H'$ ) dan Dominansi Simpson ( $C$ ) Hasil Prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> .....              | 37      |
| 5. Indeks Keragaman Shanon Wiener ( $H'$ ) dan Dominansi Simpson ( $C$ ) Eksplorasi Lapangan.....                                          | 39      |
| 6. Komparasi Indeks Keragaman dan Dominansi Serangga Diurnal antara Prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> dan Eksplorasi Lapangan. .... | 44      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Filogenetik Serangga .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 10      |
| 2. Lokasi Pengambilan Sampel Serangga di Perkebunan Kopi Rakyat<br>Gunung Betung, Wiyono, Pesawaran, Lampung. ....                                                                                                                                                                                       | 16      |
| 3. Diagram alir perbandingan prediksi AI dan eksplorasi lapangan<br>serangga diurnal perkebunan kopi robusta selama fase vegetatif. ....                                                                                                                                                                 | 18      |
| 4. <i>Thermohygrometer digital</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 23      |
| 5. <i>Lux meter digital</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 24      |
| 6. <i>Soil moisture meter</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 25      |
| 7. Pemasangan <i>Pitfal trap</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 27      |
| 8. Pemasangan <i>Yellow sticky trap</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                            | 27      |
| 9. Rancangan pemasangan perangkat serangga .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 28      |
| 10. Struktur Vegetasi pada Agroforestri Perkebunan Kopi Robusta di<br>Desa Wiyono. ....                                                                                                                                                                                                                  | 35      |
| 11. Spesies serangga diurnal perwakilan empat ordo dominan hasil<br>eksplorasi lapangan: (a) hymenoptera ( <i>Dinoponera quadriceps</i> ), (b)<br>hemiptera ( <i>Leptocorisa oratorius</i> ), (c) orthoptera ( <i>Oedaleus</i><br><i>infernalis</i> ), (d) diptera ( <i>Bactrocera latifrons</i> ). .... | 40      |
| 12. Persentase komposisi ordo serangga diurnal hasil eksplorasi<br>lapangan. ....                                                                                                                                                                                                                        | 49      |
| 13. Persentase komposisi ordo serangga diurnal berdasarkan prediksi<br>ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> . ....                                                                                                                                                                                            | 48      |
| 14. Perbandingan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) serangga diurnal<br>antara prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> dan eksplorasi lapangan. ....                                                                                                                                                  | 48      |

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 15. Perbandingan nilai indeks dominansi (C) serangga diurnal antara prediksi ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i> dan eksplorasi lapangan..... | 49 |
| 16. Diagram Venn Kesamaan Komposisi Spesies Serangga antara Prediksi AI dan Eksplorasi Lapangan. ....                                     | 51 |
| 17. Pelatihan dan pemberian <i>prompt</i> inisiasi pada Chat GPT 5.1 <i>Free Version</i> .....                                            | 64 |
| 18. Hasil prediksi Chat GPT 5.1 <i>Free Version</i> .....                                                                                 | 64 |
| 19. Tim pengambilan data keragaman serangga .....                                                                                         | 65 |
| 20. Kelompok eksplorasi lapangan serangga diurnal.....                                                                                    | 65 |
| 21. Pengukuran intensitas cahaya menggunakan <i>lux meter digital</i> .....                                                               | 65 |
| 22. Pengukuran pH dan kelembapan tanah .....                                                                                              | 65 |
| 23. Pemasangan jebakan <i>pitfall trap</i> .....                                                                                          | 66 |
| 24. Pemasangan jebakan <i>sticky yellow trap</i> .....                                                                                    | 66 |
| 25. Penangkapan serangga menggunakan <i>insect net</i> .....                                                                              | 66 |
| 26. Dokumentasi dan pencatatan serangga .....                                                                                             | 66 |

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanaman kopi (*Coffea* spp.) menjadi salah satu komoditas utama yang memiliki peran signifikan dalam perekonomian Indonesia dan global, menyumbang sekitar 20% dari total perdagangan kopi di pasar internasional (Roonprapant, 2021). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), perkebunan kopi di Indonesia didominasi oleh kopi jenis robusta sebesar 74%, sedangkan kopi arabika menyumbang 26%. Di Indonesia, Lampung tercatat sebagai provinsi dengan luas lahan perkebunan kopi terbesar kedua, mencapai 155.017 Ha pada tahun 2022 (BPS, 2023). Sebagian besar perkebunan kopi di Lampung dikelola oleh petani rakyat, di mana lahan-lahan perkebunan tersebut dioperasikan oleh individu atau kelompok petani dalam skala usaha kecil dan rumah tangga, yang tergabung dalam sektor perkebunan rakyat dan tidak berbentuk badan usaha atau badan hukum.

Salah satu perkebunan kopi yang ada di Lampung adalah Perkebunan Kopi Rakyat Desa Wiyono, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, yang terletak di kaki Gunung Betung. Perkebunan kopi ini tidak hanya bernilai ekonomis, tetapi juga menjadi bagian dari ekosistem agroforestri yang kompleks dan mendukung keanekaragaman hayati (Pertiwi & Afandhi, 2022). Sistem agroforestri yang diterapkan mampu meniru struktur hutan alami, menyediakan heterogenitas habitat, dan menjaga proses-proses ekologis penting. Agroforestri kopi dipandang sebagai salah satu pendekatan konservasi berbasis lahan yang efektif untuk mengatasi kondisi lanskap yang semakin terfragmentasi akibat berkurangnya tutupan hutan. Sistem ini juga memiliki kontribusi penting dalam menjaga dan meningkatkan

keanekaragaman hayati di kawasan tropis. Dengan demikian, agroforestri berbasis kopi mampu menghadirkan fungsi ganda, yaitu mendukung produktivitas pertanian sekaligus menjaga keberlanjutan ekologi dalam jangka panjang (Sari *et al.*, 2020).

Salah satu komponen penting dalam ekosistem ini adalah serangga diurnal, yaitu kelompok serangga yang aktif pada siang hari, yang mencakup polinator, herbivora, predator, dan serangga dekomposer, serangga-serangga ini berperan signifikan dalam menjaga keseimbangan ekologi dan mendukung produksi tanaman (Kristiaga & Agastya., 2020). Peran tersebut tampak jelas selama fase vegetatif, ketika tanaman membutuhkan ketersediaan nutrisi yang optimal, perlindungan alami dari hama, serta interaksi ekologis yang menunjang pertumbuhan daun dan tunas muda. Serangga diurnal umumnya ditemukan pada kondisi lingkungan yang mendukung, seperti daerah yang subur, pegunungan, dan lahan perkebunan yang terdapat banyak tumbuh-tumbuhan (Alfianingsih dkk., 2022).

Selain serangga yang bermanfaat dalam mendukung rantai produksi kopi, terdapat pula ancaman hama yang menyerang tanaman kopi, seperti penggerek daun (Lepidoptera), penggerek buah (Coleoptera), beberapa spesies *cochineal* (*Coccidae*, *Pseudococcidae*, dan *Diaspididae*), jangkrik (Hemiptera), serta tungau (Acari) (Dantas *et al.*, 2021). Serangga memiliki peran signifikan dalam ekologi dan ekonomi, karena mereka menopang jaring makanan, jaringan penyerbukan, dan fungsi ekosistem secara global. Namun, banyak serangga saat ini berisiko terancam akibat aktivitas manusia, seperti penggundulan hutan, intensifikasi pertanian, dan urbanisasi. Meskipun terdapat kebutuhan mendesak untuk memahami dan melestarikan keanekaragaman hayati serangga, pengetahuan dasar mengenai distribusi dan ekologi serangga masih terbatas (Wong & Didham, 2024).

Pemantauan keanekaragaman serangga yang berhubungan dengan kopi sering kali memerlukan tenaga, waktu, dan sumber daya yang besar, yang menjadi tantangan bagi peneliti dan pengelola kebun dalam menjaga konservasi serta pengelolaan ekosistem secara berkelanjutan. Sebagian

besar penelitian tentang penyerbukan tanaman pangan lebih menekankan pada pengaruh penyerbukan terhadap metrik produktivitas, seperti pembentukan buah, ukuran biji, dan hasil panen (Aristizábal *et al.*, 2025). Di samping itu, pemahaman tentang keanekaragaman serangga tersebut masih terbatas (Maldonado-Cepeda *et al.*, 2024).

Kemajuan teknologi *artificial intelligence* (AI) membuka peluang baru dalam analisis keanekaragaman serangga, termasuk serangga diurnal. Pemanfaatan teknik seperti *Computer Vision* dan *Machine Learning*, AI dapat membantu dalam memprediksi keragaman spesies serangga di perkebunan kopi berdasarkan data lingkungan. Salah satu aplikasi kecerdasan buatan yang berkembang pesat adalah *Generative Pre-trained Transformer* (ChatGPT), yaitu *chatbot* yang dikembangkan oleh OpenAI di California untuk memfasilitasi interaksi antara manusia dan komputer (Zainal dkk., 2024). Menurut penelitian yang dilakukan Priyambodo & Permatasari (2024) ChatGPT dapat menggambarkan secara akurat karakter morfologi secara umum, namun memiliki akurasi yang rendah dalam menggambarkan detail karakter serangga yang diteliti. Keterbatasan serupa juga ditemukan oleh Schmidt-Lebuhn & Knerr (2025) yang menegaskan bahwa meskipun penyempurnaan *prompt* dapat meningkatkan konsistensi, model ini masih berpotensi mengabaikan instruksi eksplisit dan menghasilkan keluaran yang tidak sepenuhnya tepat. Namun, Schmidt-Lebuhn & Knerr (2025) juga menekankan bahwa perkembangan teknologi memori dan *Graphics Processing Unit* (GPU) di masa depan dapat membuka peluang bagi penggunaan model yang lebih besar dan canggih dengan akurasi yang lebih baik, sehingga penerapan ChatGPT dan model serupa tetap menjanjikan untuk mendukung penelitian ekologi.

Penelitian mengenai keanekaragaman serangga diurnal pada fase vegetatif kopi di Desa Wiyono perlu dilakukan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai keragaman aktual di lapangan sekaligus menilai tingkat akurasi prediksi yang dihasilkan ChatGPT. Priyambodo & Permatasari (2024) menekankan bahwa hasil visualisasi ChatGPT perlu diverifikasi ulang agar tidak terjadi bias dalam interpretasi sifat fenotipik

serangga. Penelitian oleh Yang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa *Large Language Model* (LLM) seperti GPT-4 mampu menghasilkan rekomendasi manajemen hama pertanian dengan tingkat akurasi sekitar 72% ketika menggunakan *prompt* yang spesifik, namun tetap memerlukan validasi ahli untuk memastikan ketepatan konteks lapangan. Temuan ini mengindikasikan bahwa ChatGPT berpotensi mendukung analisis entomologi terapan, tetapi penggunaannya dalam memprediksi keragaman dan struktur komunitas serangga secara ekologis masih sangat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang menguji secara empiris akurasi prediksi ChatGPT terhadap struktur komunitas serangga pada sistem agroforestri, khususnya pada fase vegetatif tanaman kopi. Sejalan dengan itu, Kitzes *et al.* (2025) menunjukkan bahwa kecerdasan buatan memiliki peran strategis dalam mengolah dan mengekstrak informasi dari data lingkungan yang kompleks dan berskala besar. Prinsip ini dapat diarahkan pada konteks penelitian keragaman serangga, dengan menjadikan variabel lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kondisi vegetasi sebagai sensor ekologis yang menjadi dasar bagi ChatGPT dalam menghasilkan prediksi keanekaragaman yang lebih akurat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil prediksi keragaman serangga diurnal oleh model kecerdasan buatan pada lokasi dan periode yang sama?
2. Bagaimana tingkat keragaman serangga diurnal pada masa vegetatif di perkebunan kopi robusta berdasarkan hasil eksplorasi lapangan?
3. Bagaimana komparasi antara data eksplorasi lapangan dan prediksi kecerdasan buatan dalam menggambarkan keragaman serangga diurnal di perkebunan kopi?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui hasil prediksi keragaman serangga diurnal menggunakan model kecerdasan buatan pada lokasi dan periode yang sama.
2. Menganalisis tingkat keragaman serangga diurnal pada masa vegetatif di perkebunan kopi robusta melalui eksplorasi lapangan.
3. Membandingkan hasil eksplorasi lapangan dengan prediksi kecerdasan buatan dalam menggambarkan keragaman serangga diurnal di perkebunan kopi.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang ekologi dan entomologi terapan dengan menambah pemahaman mengenai keragaman serangga diurnal pada agroforestri kopi, khususnya pada fase vegetatif yang krusial bagi produktivitas tanaman.
2. Menyediakan data pembanding antara metode eksplorasi lapangan dan prediksi berbasis kecerdasan buatan, sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan metode monitoring keanekaragaman hayati yang lebih efisien dan hemat sumber daya.
3. Mendorong pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan, khususnya sebagai alat bantu dalam pengamatan biodiversitas yang bersifat adaptif, cepat, dan potensial untuk diterapkan pada berbagai jenis komoditas pertanian lainnya.

### **1.5 Kerangka Pikir**

Perkebunan kopi robusta merupakan ekosistem agroforestri yang kompleks dan mendukung berbagai interaksi biologis, salah satunya adalah kehadiran serangga diurnal selama fase vegetatif. Serangga ini memiliki peran penting

dalam mendukung produktivitas kopi, baik sebagai polinator, dekomposer, maupun sebagai musuh alami bagi hama. Keanekaragaman serangga diurnal mencerminkan kestabilan ekosistem dan kesuburan lingkungan sekitar, sehingga penting untuk diketahui dan dipantau secara berkala. Namun demikian, kegiatan eksplorasi keanekaragaman serangga secara langsung di lapangan membutuhkan sumber daya besar, baik dari segi waktu, tenaga, maupun biaya. Oleh karena itu, pendekatan alternatif berbasis teknologi menjadi sangat relevan untuk dikembangkan, salah satunya adalah pemanfaatan AI seperti ChatGPT dalam memprediksi keragaman spesies berdasarkan data lingkungan.

Kecerdasan buatan, khususnya model generatif seperti ChatGPT, berpotensi digunakan sebagai alat bantu dalam studi biodiversitas melalui proses *prompting* yang terstruktur. Dengan memasukkan parameter-parameter ekologis seperti suhu, kelembaban, waktu vegetatif, dan vegetasi, AI dapat menghasilkan prediksi mengenai jenis-jenis serangga yang kemungkinan muncul di lokasi tertentu. Meskipun demikian, tingkat akurasi prediksi ini masih belum banyak dievaluasi dalam konteks ekosistem nyata, khususnya di perkebunan kopi di Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan komparatif antara hasil prediksi AI dan data riil hasil eksplorasi lapangan. Pendekatan ini dilakukan dengan dua metode utama, yakni prediksi berbasis ChatGPT dan eksplorasi langsung di lapangan menggunakan teknik sampling yang sesuai. Data yang dihasilkan dari kedua pendekatan tersebut akan dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ), indeks dominansi Simpson ( $C$ ). Hasil perbandingan ini akan menunjukkan sejauh mana tingkat kesesuaian antara prediksi AI dengan kondisi ekologis sebenarnya di lapangan. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam mengevaluasi potensi penggunaan AI sebagai alat bantu monitoring keanekaragaman hayati di agroforestri secara efisien. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi dalam bidang ekologi terapan dan entomologi, tetapi juga membuka peluang integrasi teknologi digital dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

*Coffea canephora* lebih dikenal sebagai kopi robusta, adalah spesies dari Famili Rubiaceae yang berasal dari Afrika sub-Sahara bagian tengah dan barat. Berasal dari hutan tropis di sekitar Danau Victoria di Uganda (Campuzano-Duque *et al.*, 2021). Pada klasifikasi botani kopi robusta (*Coffea canephora*), yang pertama kali didokumentasikan oleh Froehner (1897), kopi robusta digolongkan dalam taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisio : Magnoliophyta  
Classis : Magnoliopsida  
Ordo : Rubiales  
Family : Rubiaceae  
Genus : *Coffea*  
Species : *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner

Secara morfologis, batang kopi robusta berbentuk silindris dengan karakteristik kulit kayu yang relatif tipis dan mudah terkelupas seiring pertambahan usia tanaman (Harnelly *et al.*, 2024). Tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) memiliki potensi pertumbuhan hingga mencapai ketinggian 7–10 meter. Namun, pertumbuhan yang terlalu tinggi dapat menyulitkan kegiatan pemanenan. Oleh karena itu, praktik pemangkasan batang utama umumnya dilakukan pada kisaran 1–1,8 meter dari permukaan tanah untuk memudahkan akses panen dan perawatan tanaman (Randriani & Dani, 2018).

Perkembangan morfologi tanaman kopi robusta tampak lebih jelas pada fase vegetatif. Pada fase ini, tanaman menunjukkan pertumbuhan tinggi batang, ekspansi daun (jumlah dan luas area daun), diameter batang, serta pembentukan sistem perakaran yang mendukung penyerapan air dan unsur hara. Penelitian yang dilakukan oleh Giuriatto *et al.* (2020) menyebutkan bahwa stek vegetatif dari umur potong 60, 90, dan 120 hari pada batang ortotropik sekunder menghasilkan performa vegetatif terbaik setelah 125 hari. Performa tersebut diukur berdasarkan akumulasi materi kering, laju pertumbuhan relatif dan absolut, serta atribut morfologi seperti tinggi dan diameter batang.

Lebih lanjut, dinamika pertumbuhan vegetatif ini tidak hanya ditentukan oleh faktor genetik, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Intensitas cahaya dan keberadaan naungan, misalnya, dapat memodifikasi karakter morfologi tanaman. Naungan ringan (*under-shade*) mampu memperlebar daun dan meningkatkan area penangkapan cahaya, meskipun pertumbuhan batang cenderung lebih lambat dibandingkan dengan tanaman yang memperoleh cahaya penuh. Selain itu, morfologi batang dan distribusi cabang (ortotropik vs plagiotropik) juga bergantung pada umur stek dan posisi pada batang induk. Faktor-faktor tersebut berperan penting dalam menentukan kecepatan pertumbuhan pucuk dan kekokohan batang tanaman (Giuriatto *et al.*, 2020).

Setelah melalui fase vegetatif yang ditandai dengan pertumbuhan batang, daun, dan sistem perakaran, tanaman kopi robusta kemudian memasuki fase generatif. Pada fase ini, energi hasil fotosintesis tidak lagi terfokus pada pertumbuhan vegetatif, melainkan dialihkan untuk pembentukan organ reproduktif berupa bunga. Perubahan fase ini menjadi krusial karena menentukan keberhasilan pembuahan dan pembentukan buah kopi. Secara morfologi, bunga kopi robusta tersusun dalam perbungaan yang terbentuk dari kuncup serial yang berkembang di ketiak daun pada cabang plagiotropik. Setiap bunga umumnya terdiri dari lima kelopak yang menyatu membentuk tabung mahkota silindris (Silva *et al.*, 2024). Selain itu, bunga dilengkapi lima benang sari dengan kepala sari yang memanjang, filamen

pendek, serta tangkai putik ramping dengan kepala putik bercabang dua. Ovarium bunga tergolong inferior, terbagi dalam dua ruang, masing-masing mengandung bakal biji (Charrier & Berthaud, 1985).

## 2.2 Serangga (*Insecta*)

Serangga merupakan kelompok hewan dengan jumlah spesies terbanyak dan dapat ditemukan hampir di semua habitat, kecuali lingkungan laut. Kajian ilmiah mengenai kehidupan serangga dikenal dengan istilah entomologi. Hingga saat ini telah diidentifikasi lebih dari 800.000 spesies serangga, yang terdiri atas sekitar 5.000 spesies Odonata, 20.000 spesies Orthoptera, 170.000 spesies Lepidoptera, 120.000 spesies Diptera, 82.000 spesies Hemiptera, 360.000 spesies Coleoptera, serta 110.000 spesies Hymenoptera (Djoewari, 2020).

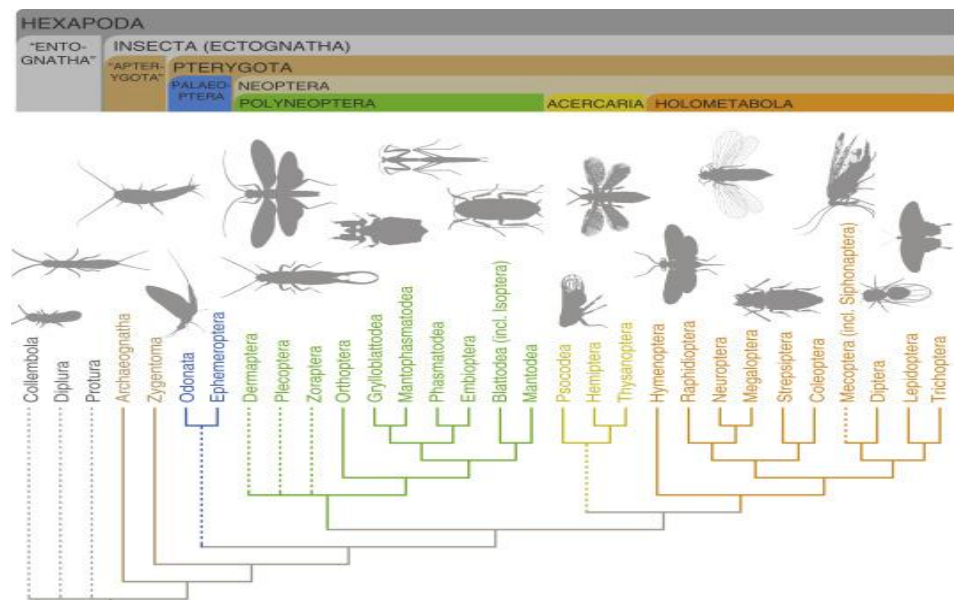
Serangga memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi sehingga dapat menempati berbagai habitat, termasuk lingkungan kering. Hal ini dipengaruhi oleh keberadaan eksoskeleton berbahan kitin yang berfungsi melindungi tubuh sekaligus mencegah kehilangan air, serta didukung oleh adaptasi morfologis, fisiologis, dan perilaku yang kompleks yang menjadikan serangga mampu bertahan dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Hamzah, 2019). Selain itu, serangga juga memiliki siklus hidup yang khas berupa rangkaian tahapan perkembangan sejak fase telur hingga mencapai bentuk dewasa (imago). Pada serangga dengan metamorfosis sempurna (holometabola), siklus hidup meliputi empat stadia, yaitu telur, larva, pupa, dan imago, sebagaimana dijumpai pada kupu-kupu (Lepidoptera), kumbang (Coleoptera), dan lalat (Diptera). Sementara itu, pada serangga dengan metamorfosis bertahap (paurometabola), siklus hidup terdiri atas tiga stadia, yaitu telur, nimfa, dan imago, seperti pada belalang (Orthoptera), kepik (Hemiptera), dan sikada (Homoptera) (Jumar, 2000).

Serangga memiliki kontribusi yang signifikan dalam ekosistem, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap keberlangsungan kehidupan

(Amrullah *et al.*, 2025). Peran serangga dapat bersifat menguntungkan maupun merugikan, serangga yang merugikan umumnya dikenal sebagai hama, sedangkan yang menguntungkan meliputi polinator atau penyerbuk, predator, parasitoid, serta dekomposer. Terdapat pula serangga yang bersifat netral namun tetap memberi dampak terhadap keseimbangan ekosistem (Ramadhan dkk., 2020).

### 2.2.1 Klasifikasi Serangga

Serangga merupakan anggota filum Arthropoda (dari Yunani arthro = sendi, podos = kaki) dengan tubuh bersegmen dan tungkai berbuku. Berdasarkan filogeni, serangga tergolong dalam subfilum Hexapoda, kelompok berkaki enam, dan termasuk ke dalam kelas Insecta yang ditandai dengan mulut eksternal serta perkembangan lanjut ke berbagai kelompok utama seperti Pterygota, Neoptera, dan Holometabola (Gambar 1). Tubuh serangga tersusun atas tiga bagian utama yang disebut tagmata, yaitu kepala (caput), dada (thorax), dan perut (abdomen) (Borror *et al.*, 1996).



Gambar 1. Filogenetik Serangga (Tihelka *et al.*, 2021).

### 2.2.2 Serangga Diurnal

Serangga diurnal merujuk pada kelompok serangga yang aktif selama siang hari, beraktivitas mencari makanan, berkembang biak, dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Aktivitas diurnal ini berbeda dengan serangga nokturnal, yang lebih aktif pada malam hari. Penelitian oleh Arif dkk. (2024) di perkebunan jagung Desa Sukawana, Kota Serang, menunjukkan bahwa keanekaragaman serangga diurnal berhubungan langsung dengan keberagaman tanaman dan struktur vegetasi di sekitar perkebunan. Tanaman yang memiliki bunga dengan berbagai bentuk dan warna akan menarik berbagai jenis serangga, seperti lebah dan kupu-kupu, yang berperan dalam proses polinasi dan meningkatkan hasil produksi. Selain itu, terdapat juga serangga yang berfungsi sebagai pengurai bahan organik dan bertindak sebagai musuh alami bagi hama tanaman kopi (Manik, 2024).

Serangga diurnal berperan dalam mendukung produktivitas perkebunan kopi, baik melalui aktivitas penyerbukan maupun fungsi ekologis di dalam tanah. Menurut Sitompul (2017), serangga penyerbuk berkontribusi terhadap peningkatan produksi dan hasil panen tanaman kopi, dengan jenis-jenis penyerbuk yang berasal dari Ordo Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, dan Hymenoptera. Di sisi lain, serangga tanah yang aktif di siang hari juga merupakan komponen penting dalam ekosistem perkebunan kopi karena memainkan peran ganda sebagai pengurai bahan organik sekaligus sebagai hama potensial. Beberapa jenis serangga tanah seperti semut, rayap, dan kumbang tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan mempercepat proses dekomposisi dan membentuk porositas tanah, yang mendukung pertumbuhan akar tanaman kopi. Hasil perombakan bahan organik ini akan menjadi humus yang kaya nutrisi dan sangat bermanfaat bagi tanaman (Lembang, 2019). Kehadiran serangga tanah juga dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah karena keanekaragaman dan komposisi spesiesnya yang bervariasi antar lokasi. Namun demikian, tidak semua serangga tanah bersifat menguntungkan beberapa seperti larva kumbang

akar (*Xyleborus* spp.) justru dapat merusak sistem perakaran tanaman kopi dan menurunkan produktivitasnya.

### 2.2.3 Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Aktivitas Serangga Diurnal

Aktivitas serangga diurnal dalam suatu ekosistem sangat dipengaruhi oleh berbagai kondisi lingkungan yang secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi perilaku dan pola hidupnya. Intensitas cahaya merupakan faktor utama yang menentukan waktu terbang, orientasi ruang, serta perilaku mencari makan, faktor intensitas cahaya bisa dipengaruhi oleh vegetasi di suatu lokasi (Ardyanty dkk., 2023). Banyak spesies lebah dan kupu-kupu memperlihatkan peningkatan aktivitas pada saat cahaya matahari cukup tinggi, karena kondisi tersebut mendukung proses navigasi visual dan efisiensi dalam menemukan sumber pakan. Manurung *et al.* (2023) mengatakan bahwa suhu dan pH juga berperan krusial, di mana sebagian besar serangga memiliki rentang suhu dan pH optimum tertentu untuk dapat melakukan aktivitas terbang, mencari makan, dan bereproduksi. Suhu yang terlalu rendah dapat menghambat metabolisme, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres fisiologis. Sementara itu, kelembapan memengaruhi kemampuan serangga dalam mempertahankan kadar air tubuh, sehingga kondisi yang terlalu kering dapat membatasi aktivitas mereka di lapangan.

Selain faktor iklim mikro tersebut, struktur vegetasi dan tingkat naungan dalam suatu agroforestri, termasuk pada perkebunan kopi, turut membentuk lingkungan yang unik. Sistem dengan naungan cenderung menciptakan iklim mikro yang lebih stabil, suhu lebih sejuk, serta kelembapan lebih terjaga, sehingga mendukung kelimpahan dan keragaman serangga diurnal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ayu dkk. (2021) bahwa faktor lingkungan berperan sangat penting dalam menentukan berbagai keanekaragaman serangga. Variasi musim dan fase pertumbuhan tanaman kopi, khususnya pada fase vegetatif, juga memberikan pengaruh yang signifikan. Pada fase ini, ketersediaan daun muda, pucuk, dan sumber

pakan tambahan menjadi daya tarik bagi serangga herbivora, sekaligus menyediakan habitat yang sesuai bagi kelompok polinator, predator, dan dekomposer. Dengan demikian, aktivitas serangga diurnal merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor abiotik seperti cahaya, suhu, kelembapan, serta faktor biotik berupa vegetasi dan ketersediaan sumber daya (Aseran & Rizali, 2022).

### 2.3 ChatGPT dalam Prediksi Keanekaragaman Serangga

AI merupakan teknologi inovatif yang telah memberikan dampak signifikan di berbagai bidang kehidupan. Sejak tahun 2010, kemajuan pesat dalam bidang pembelajaran mesin (*machine learning*) dan pembelajaran mendalam (*deep learning*) telah meningkatkan kemampuan AI secara substansial (Singh *et al.*, 2024; Permatasari dkk., 2024). Salah satu perkembangan terpenting dalam AI adalah integrasi teknologi pengenalan gambar dan analisis visual, yang memungkinkan identifikasi dan klasifikasi spesies serangga dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Teknologi ini memungkinkan diferensiasi yang lebih tepat antara spesies yang memiliki kemiripan morfologi, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efektivitas strategi pengendalian hama (Baqir *et al.*, 2023).

Meski AI menunjukkan potensi besar, sebagian besar model AI generatif cenderung mengawali konten dengan pengantar mengenai pentingnya teknologi ini dalam topik yang dibahas. Paragraf yang dihasilkan biasanya menggabungkan kalimat-kalimat yang sudah ada sebelumnya dan disesuaikan dengan kata-kata penulis, kemudian menjelaskan kemampuan AI, seperti algoritma pembelajaran mesin dan teknik pemrosesan bahasa alami, untuk menganalisis kumpulan data besar, mengidentifikasi pola, dan membuat prediksi mengenai fenomena yang akan datang (Haghighi, 2023).

Dalam bidang ilmu lingkungan dan ekologi, penggunaan AI generatif menunjukkan relevansi yang signifikan. AI generatif, yang memanfaatkan pembelajaran mesin, dapat menghasilkan konten baru baik teks, gambar,

audio, maupun video berdasarkan data pelatihan dan input dari pengguna. Teknologi ini dapat dimanfaatkan oleh ilmuwan lingkungan untuk menganalisis masalah lingkungan yang kompleks, seperti polusi, serta hubungan ekologi yang rumit, termasuk dalam studi keanekaragaman hayati. Selain mengurangi biaya penelitian, penggunaan AI generatif juga dapat meningkatkan efisiensi dan memperluas jangkauan audiens melalui konten yang menarik secara visual (Rillig *et al.*, 2024).

Salah satu perkembangan terbaru dalam teknologi AI adalah *Generative Pretrained Transformer* (GPT), yang mampu menghasilkan teks menyerupai tulisan manusia. GPT memungkinkan interaksi antara pengguna dan AI seolah-olah berkomunikasi dengan orang lain (Haupt & Marks, 2023). Seiring dengan perkembangan teknologi, GPT telah mencapai versi terbarunya, yaitu GPT-5. Pengguna dapat berinteraksi dengan model ini dengan memberikan instruksi dalam bentuk pertanyaan atau perintah. Penelitian di masa depan dapat fokus pada pengembangan model AI, seperti GPT-5, untuk meningkatkan akurasi dalam memberikan nama ilmiah dan informasi spesifik mengenai spesies serangga. Hal ini dapat dicapai dengan melatih AI menggunakan dataset yang lebih luas, mencakup pengukuran morfologi yang lebih rinci serta karakteristik dari berbagai spesies serangga (Baqir *et al.*, 2023).

## 2.4 Metode Penilaian Keanekaragaman Serangga

Penilaian terhadap keanekaragaman serangga diurnal dalam penelitian dapat dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dengan menggabungkan hasil observasi lapangan dan evaluasi model prediktif kecerdasan buatan. Data hasil eksplorasi dianalisis menggunakan dua parameter utama, yaitu indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) dan indeks dominansi Simpson ( $C$ ). Indeks  $H'$  digunakan untuk mengukur tingkat keragaman spesies dalam komunitas serangga yang diperoleh, sedangkan indeks  $C$  digunakan untuk mengetahui apakah terdapat spesies tertentu yang mendominasi komunitas tersebut (Febrian dkk., 2022).

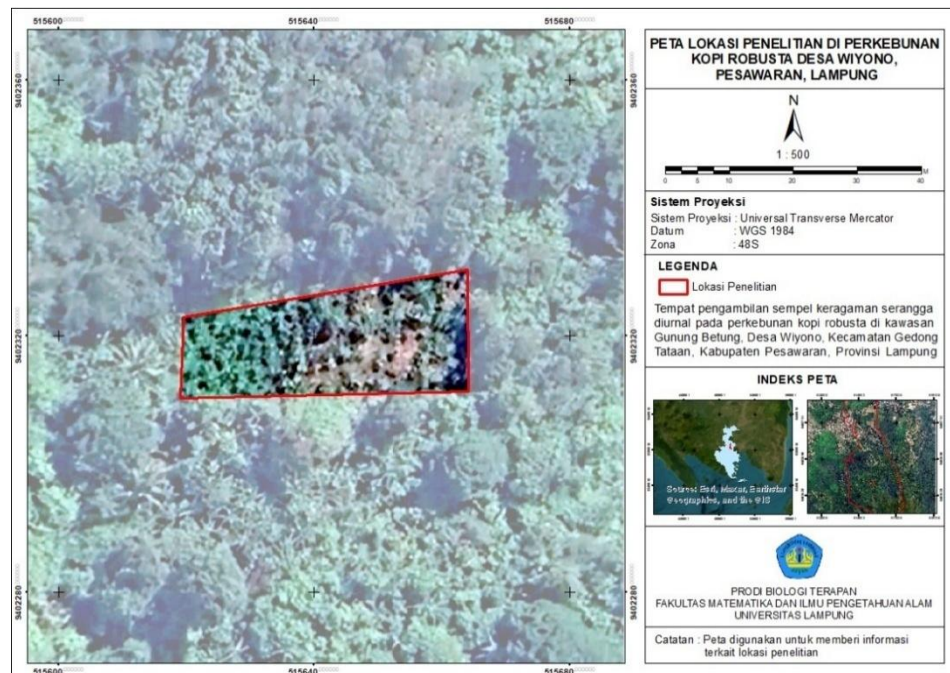
Analisis data dalam kajian keanekaragaman serangga bertujuan untuk menggambarkan struktur komunitas secara kuantitatif dan sistematis, sehingga perbedaan maupun kesamaan antar komunitas dapat dievaluasi secara objektif. Salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam analisis komposisi spesies adalah analisis komparatif, yang memungkinkan perbandingan antara data hasil pengamatan lapangan dengan data hasil prediksi atau pemodelan. Tingkat kesamaan komposisi jenis antar komunitas dapat dianalisis menggunakan indeks Sørensen, yaitu indeks kesamaan yang menekankan keberadaan spesies dan kemunculan bersama antar komunitas yang dibandingkan.

Penggunaan indeks Sørensen dalam analisis komparatif memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat kesamaan spesies, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alat evaluasi dalam menilai kesesuaian antara pendekatan empiris dan pendekatan berbasis teknologi, termasuk pemanfaatan kecerdasan buatan dalam studi biodiversitas. Secara umum, pengelolaan data keanekaragaman dilakukan dalam format digital untuk mendukung ketelitian analisis dan kemudahan pengolahan data, sementara pengelompokan spesies berdasarkan peran ekologisnya digunakan untuk memperkaya interpretasi hasil secara fungsional, khususnya dalam memahami peran serangga di dalam ekosistem agroforestri kopi (Hutagaol, 2016).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November–Desember 2025 di area Perkebunan Kopi Desa Wiyono, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Rentang waktu penelitian ini tidak hanya mencakup kegiatan eksplorasi lapangan, tetapi juga digunakan untuk proses prediksi komposisi spesies serangga menggunakan ChatGPT 5.1 *Free Version*, yang dilakukan di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Gambaran umum lokasi dan persebaran titik pengamatan di area penelitian disajikan pada Gambar 2, yang menunjukkan lokasi pengambilan sampel di lapangan.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Serangga di Perkebunan Kopi Rakyat Gunung Betung, Wiyono, Pesawaran, Lampung.

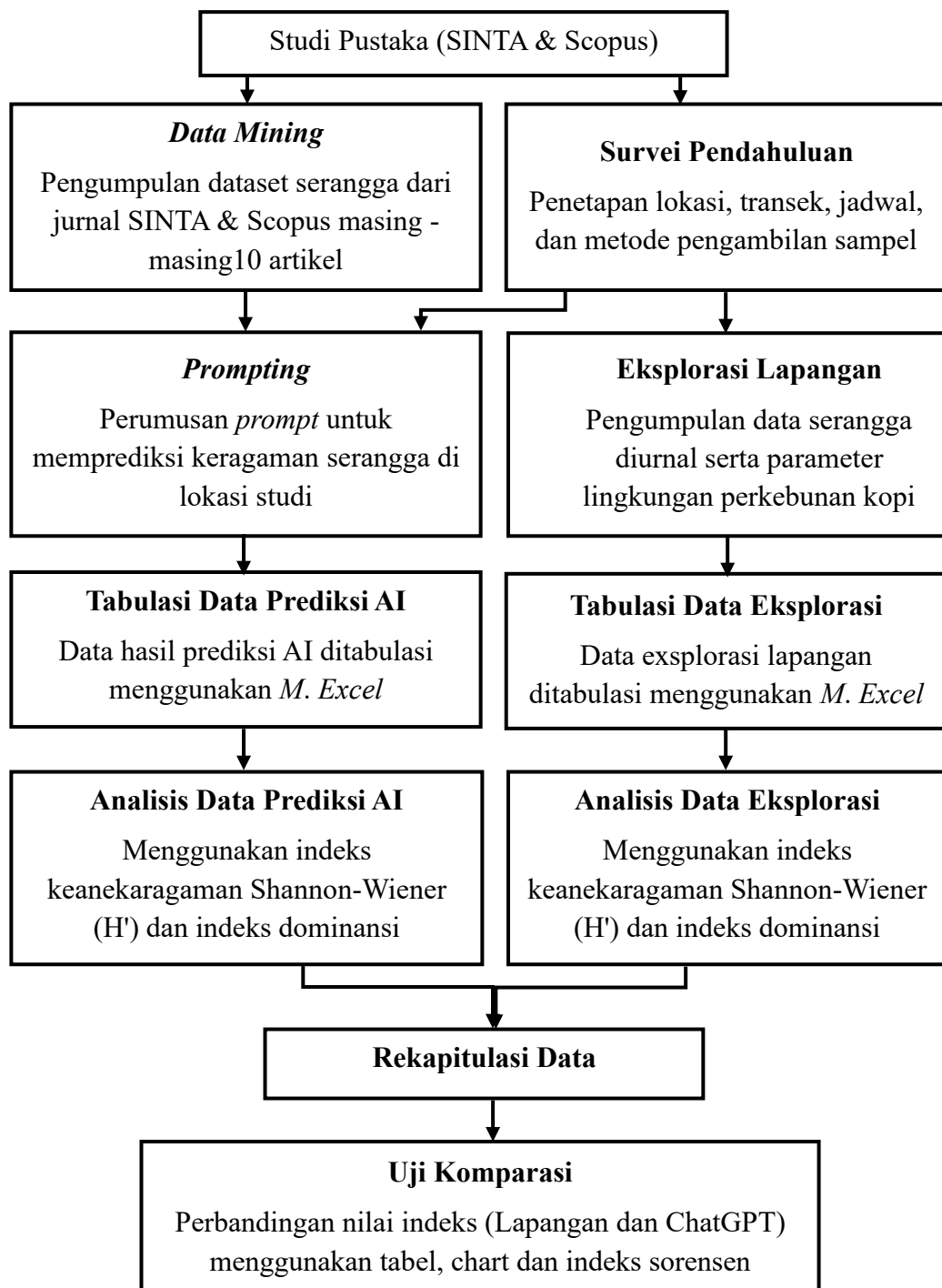
### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat untuk prediksi berbasis kecerdasan buatan dan peralatan untuk pengambilan data di lapangan. Prediksi keragaman serangga dilakukan menggunakan laptop sebagai perangkat komputasi dan ChatGPT 5.1 *Free Version* sebagai media pemodelan dan prediksi komposisi spesies. Peralatan lapangan yang digunakan meliputi pinset untuk mengambil dan memindahkan spesimen serangga, *handscoon* untuk melindungi tangan, *yellow sticky trap* untuk menangkap serangga terbang yang tertarik warna kuning, *sweeping net* untuk menangkap serangga aktif di vegetasi, *pitfall trap* untuk menjebak serangga yang beraktivitas di permukaan tanah, dan *killing bottle* digunakan untuk mematikan serangga secara cepat, sedangkan wadah sampel dan gelas plastik digunakan untuk penyimpanan sementara spesimen.

Selain itu, digunakan *light meter*, pH meter, dan termometer untuk mengukur intensitas cahaya, tingkat keasaman, dan suhu udara sebagai parameter lingkungan pendukung. Tali rafia digunakan untuk pemasangan perangkat, sedangkan kamera digunakan untuk dokumentasi penelitian. Bahan yang digunakan meliputi alkohol 70% sebagai pengawet spesimen, air sabun dan air gula sebagai bahan pendukung perangkat, serta sampel serangga yang diperoleh dari lokasi penelitian.

### 3.3 Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua pendekatan utama dalam mempelajari keanekaragaman serangga diurnal pada fase vegetatif kopi robusta, yaitu prediksi berbasis AI menggunakan ChatGPT 5.1 *Free Version* dan eksplorasi langsung di lapangan (Gambar 3). Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Diagram alir perbandingan prediksi AI dan eksplorasi lapangan serangga diurnal perkebunan kopi robusta selama fase vegetatif.

### 3.3.1 Studi Pustaka

Tahap awal penelitian dilakukan melalui studi pustaka yang komprehensif dengan menelaah 10 artikel ilmiah terindeks SINTA dan 10 artikel terindeks Scopus (Tabel 1).

Tabel 1. Sumber dataset prediksi ChatGPT 5.1 *Free Version*

| No | Judul                                          | Penulis                 | Tahun Penelitian | Lokasi Penelitian      | Indeks Jurnal |
|----|------------------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------------|---------------|
| 1  | Butterfly diversity in natural and modified... | Nurhayati dkk.          | 2025             | Langkat, Sumatra Utara | SINTA         |
| 2  | The diversity and ecological roles...          | Maharani dkk.           | 2024             | Bandung, Jawa Barat    | SINTA         |
| 3  | Keanekaragaman beserta karakteristik...        | Ardyanty dkk.           | 2023             | Bandung, Jawa Barat    | SINTA         |
| 4  | Keanekaragaman kupu-kupu...                    | Ruslan dkk.             | 2023             | Sukabumi, Jawa Barat   | SINTA         |
| 5  | Keanekaragaman dan aktivitas...                | Tarigan dkk.            | 2022             | Karo, Sumatra Utara    | SINTA         |
| 6  | Keanekaragaman Jenis Serangga...               | Nainggolan dkk.         | 2015             | Dairi, Sumatra Utara   | SINTA         |
| 7  | Keanekaragaman Serangga Hama...                | Samsuri                 | 2019             | Yogyakarta             | SINTA         |
| 8  | Keanekaragaman Serangga di...                  | Ayu dkk.                | 2020             | Jombang, Jawa Timur    | SINTA         |
| 9  | Keanekaragaman Makrofauna...                   | Pariyanto dkk.          | 2020             | Kepahiang, Bengkulu    | SINTA         |
| 10 | Keanekaragaman Dan Kelimpahan...               | Aseran dkk.             | 2022             | Malang, Jawa Timur     | SINTA         |
| 11 | Abundance and richness...                      | Campera <i>et al.</i>   | 2022             | Pangauban, Jawa Barat  | SCOPUS        |
| 12 | bandonement of coffee...                       | Richter <i>et al.</i>   | 2007             | Manabi, Ekuador        | SCOPUS        |
| 13 | Effects of landscape...                        | Toikkanen <i>et al.</i> | 2022             | Finlandia Tengah       | SCOPUS        |
| 14 | Effects of the loss of...                      | Calvão <i>et al.</i>    | 2022             | Para, Brasil Utara     | SCOPUS        |
| 15 | Grasshopper (Orthoptera: Acridomorpha)...      | Ngoute <i>et al.</i>    | 2023             | Kamerun Selatan        | SCOPUS        |
| 16 | Variation in local communities...              | Wongwila <i>et al.</i>  | 2025             | Khon Kaen, Thailand    | SCOPUS        |
| 17 | Agroforestry as a refuge...                    | Kingazi <i>et al.</i>   | 2025             | Kilimanjaro, Tanzania  | SCOPUS        |
| 18 | Invertebrate abundance and...                  | Common <i>et al.</i>    | 2025             | Galapagos              | SCOPUS        |
| 19 | Evaluation of four different...                | Krahner <i>et al.</i>   | 2021             | Moselle, Jerman        | SCOPUS        |
| 20 | Color of Pan Trap Influences...                | Acharya <i>et al.</i>   | 2021             | Booneville, Arkansas   | SCOPUS        |

Artikel-artikel tersebut dipilih karena memberikan informasi yang relevan mengenai keanekaragaman serangga diurnal pada berbagai lokasi perkebunan maupun ekosistem alam liar. Dari literatur tersebut dilakukan proses ekstraksi data mentah (*data mining*) yang mencakup luas area lahan penelitian, suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, intensitas cahaya, pH tanah, ketinggian lokasi dari permukaan laut (mdpl), lokasi penelitian, waktu penelitian, serta temuan atau hasil penelitian yang dilaporkan. Data mentah yang terkumpul dari kajian pustaka ini tidak hanya berfungsi sebagai dasar dalam perancangan metodologi, tetapi juga digunakan sebagai dataset pelatihan awal bagi ChatGPT 5.1 *Free Version* untuk memperkirakan pola keanekaragaman serangga diurnal pada Perkebunan Kopi Rakyat di Bogorejo.

### 3.3.2 Prediksi Menggunakan ChatGPT 5.1 *Free Version*

Berdasarkan data yang diperoleh dari studi pustaka, proses *data mining*, dan survei pendahuluan, dilakukan penyusunan instruksi atau *initial prompt* (Tabel 2) untuk menghasilkan prediksi keanekaragaman serangga menggunakan kecerdasan buatan. Model kecerdasan buatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ChatGPT 5.1 *Free Version*, yang dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan bahasa alami yang memadai untuk mengintegrasikan informasi ekologis berbasis teks dari berbagai sumber literatur ilmiah. Meskipun merupakan versi gratis, ChatGPT 5.1 *Free Version* dinilai mampu mengolah variabel lingkungan secara konseptual dan sistematis, sehingga sesuai untuk tujuan penelitian yang bersifat eksploratif dan komparatif. Dalam proses prediksi, variabel lingkungan seperti suhu, kelembapan, pH tanah, intensitas cahaya, dan karakteristik vegetasi dimasukkan ke dalam *prompt* sebagai parameter utama. Penyusunan *prompt* yang terstruktur memungkinkan model menghasilkan estimasi keanekaragaman serangga berdasarkan pola umum yang dilaporkan dalam literatur, sehingga tetap relevan untuk dibandingkan dengan hasil eksplorasi lapangan. Pendekatan ini digunakan untuk menilai potensi kecerdasan buatan sebagai alat pendukung analisis keanekaragaman hayati, tanpa menggantikan peran data empiris lapangan (Bianchi & Putro, 2024).

Tabel 2. Penyusunan *initial prompt* ChatGPT 5.1 *Free Version* berdasarkan parameter lingkungan untuk prediksi serangga diurnal.

| No | Jenis <i>Prompt</i>    | Deskripsi <i>Prompt</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <i>Prompt</i> inisiasi | Berperanlah sebagai entomolog sekaligus analis ekologi komunitas berpengalaman lebih dari 30 tahun. Saya sedang melakukan penelitian berjudul “Analisis Komparasi Keragaman Serangga Diurnal di Perkebunan Kopi Robusta pada Periode Vegetatif Berdasarkan Prediksi Kecerdasan Buatan dan Eksplorasi Lapangan.” Dalam percakapan ini, tugas Anda adalah memprediksi keanekaragaman serangga diurnal |

| No | Jenis Prompt        | Deskripsi Prompt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | Prompt<br>instruksi | <p>berdasarkan dua sumber data, yaitu data primer hasil eksplorasi lapangan dan data sekunder dari literatur terakreditasi SINTA dan terindeks Scopus yang digunakan sebagai basis data mining dalam model ChatGPT 5.1 <i>Free Version</i>. Data yang digunakan mencakup kondisi fisik lokasi (koordinat/luas/topografi), vegetasi dan fase pertumbuhan kopi, faktor biotik (ketersediaan pakan, interaksi dengan tanaman kopi, kompetisi antar serangga, serta keberadaan predator alami), dan faktor abiotik (suhu udara, kelembapan, intensitas cahaya, serta pH tanah).</p> <p>Bertindaklah sebagai seorang peneliti biodiversitas yang memadukan observasi lapangan dengan kemampuan prediksi berbasis kecerdasan buatan. Pengambilan sampel dilakukan pada titik koordinat -5.407052, 105.141295 di Perkebunan Kopi Desa Wiyono, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Lampung, pada bulan Oktober 2025. Lokasi pengamatan berada pada area seluas <math>\pm 2.500 \text{ m}^2</math> dengan topografi 442 mdpl. Vegetasi utama berupa tanaman kopi robusta pada fase vegetatif aktif, ditandai dengan pertumbuhan batang, percabangan, dan pelebaran daun yang intens, serta berbatasan langsung dengan perkebunan karet dan kopi coklat. Area bawah tajuk dipenuhi gulma rerumputan dan beberapa tumbuhan liar berbunga yang menyediakan sumber nektar dan polen bagi serangga diurnal.</p> <p>Kondisi abiotik yang terekam selama observasi meliputi suhu udara antara 27,6–28,5 °C, kelembapan 73–85%, intensitas cahaya 1398–1718 lux, serta dinamika cuaca yang berubah dari pagi mendung, siang cerah, hingga sore hujan. Parameter tanah menunjukkan pH 6–6,7 dengan kelembapan 80–90%. Faktor biotik yang relevan meliputi ketersediaan sumber pakan dari tanaman kopi dan vegetasi sekitar.</p> |

| No | Jenis <i>Prompt</i> | Deskripsi <i>Prompt</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                     | Berdasarkan data tersebut, saya ingin Anda memprediksi komposisi komunitas serangga diurnal pada agroforestri kopi robusta. Sertakan tingkat ordo dan famili utama yang berpotensi muncul, fungsi ekologis yang dominan (polinator, herbivora, predator, atau dekomposer), serta penjelasan ekologis yang mendasari prediksi tersebut. |

### 3.3.3 Survei Pendahuluan

Setelah memperoleh dasar teori dan data sekunder, dilakukan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal perkebunan kopi di lokasi penelitian. Survei ini meliputi peninjauan langsung ke lapangan serta wawancara dengan petani kopi guna memperoleh informasi mengenai kondisi lahan dan karakteristik kebun. Tahapan ini bertujuan memberikan gambaran umum sebelum dilakukan eksplorasi lapangan yang lebih mendalam. Informasi awal yang diperoleh diperlukan dalam menyusun rancangan penelitian, sehingga kegiatan pengambilan data dapat dilakukan secara lebih terarah dan sistematis (Tanjung dkk., 2023).

Melalui survei pendahuluan, peneliti dapat menilai aspek-aspek dasar yang berkaitan dengan kondisi lokasi penelitian, seperti aksesibilitas area, sebaran tanaman kopi, serta kondisi umum ekosistem sekitarnya. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk menentukan posisi plot pengamatan, menyesuaikan titik pemasangan perangkap (*pitfall trap* dan *yellow sticky trap*), serta menetapkan luas area yang akan dijadikan lokasi penelitian (Awanni dkk., 2024).

### 3.3.4 Pengukuran Parameter Lingkungan

Pengukuran parameter lingkungan, yang meliputi suhu udara, kelembapan, intensitas cahaya, dan pH tanah, dilakukan secara bersamaan dengan

proses pengambilan sampel serangga diurnal. Setiap parameter diukur sebanyak tiga kali dalam satu hari (pagi, siang, dan sore) yaitu pada pukul 08.00, 12.00, dan 15.00 WIB, guna memperoleh gambaran kondisi yang lebih representatif. Pengulangan pengukuran pada tiga rentang waktu tersebut bertujuan untuk memastikan konsistensi data serta meningkatkan keandalan hasil pengamatan terhadap dinamika lingkungan yang dapat memengaruhi aktivitas serangga diurnal (Agil, 2025). Berikut uraian lengkap mengenai setiap metode pengukuran yang dilakukan.

### 1. Suhu Udara

Pengukuran suhu udara dilakukan menggunakan *thermohygrometer digital* (Gambar 4) yang ditempatkan pada ketinggian  $\pm 1,5$  meter dari permukaan tanah. Ketinggian ini dipilih untuk merepresentasikan kondisi mikroklimat pada zona aktivitas serangga diurnal yang umumnya bergerak pada lapisan vegetasi bagian bawah hingga menengah. Proses pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda di area penelitian sehingga nilai suhu yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi rata-rata lingkungan secara lebih akurat (Anggara & Herlina, 2025).



Gambar 4. *Thermohygrometer digital* (Dokumentasi pribadi, 2025).

### 2. Kelembapan Udara

Kelembapan udara diukur menggunakan perangkat yang sama dengan pengukuran suhu, yaitu *digital thermohygrometer* (Gambar 4). Pengukuran juga dilakukan pada ketinggian  $\pm 1,5$  meter dari permukaan tanah, berdekatan dengan kanopi tanaman kopi. Pemilihan posisi ini bertujuan

untuk menangkap kondisi kelembapan aktual yang berpotensi memengaruhi perilaku serangga diurnal, seperti aktivitas terbang, oviposisi, dan pencarian pakan.

### 3. Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya dilakukan menggunakan *lux meter digital* (Gambar 5) yang diarahkan langsung ke kanopi tanaman kopi. Metode ini bertujuan untuk mengetahui jumlah cahaya yang diterima area aktivitas serangga, mengingat intensitas cahaya merupakan faktor ekologis penting bagi serangga diurnal yang aktif pada waktu terang. Pengukuran dilakukan pada tiga titik pengamatan sehingga nilai intensitas cahaya yang diperoleh dapat menggambarkan variasi pencahayaan di area perkebunan secara komperhensif.



Gambar 5. *Lux meter digital* ((Dokumentasi pribadi, 2025).

### 4. pH Tanah

Nilai pH tanah diukur menggunakan *Soil moisture meter* (Gambar 6) yang dimasukkan pada kedalaman  $\pm 10$  cm dari permukaan tanah. Kedalaman ini mewakili lapisan tanah tempat sebagian besar akar tanaman kopi berkembang sehingga kondisi kimia tanah pada zona ini sangat relevan terhadap kesehatan tanaman dan struktur vegetasi yang kemudian memengaruhi keberadaan serangga.

Pengukuran dilakukan pada tiga titik untuk mendapatkan nilai pH rata-rata yang lebih stabil dan menggambarkan kondisi tanah di area penelitian secara menyeluruh.



Gambar 6. *Soil moisture meter* ((Dokumentasi pribadi, 2025).

## 5. Kelembapan Tanah

Kelembapan tanah diukur menggunakan *soil moisture meter* (Gambar 6) yang ditempatkan pada kedalaman  $\pm 10$  cm dari permukaan tanah, yaitu zona perakaran tanaman kopi yang secara ekologis berpengaruh terhadap stabilitas iklim mikro dan ketersediaan air bagi organisme di sekitarnya. Pengukuran pada kedalaman tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran tingkat kelembapan aktual yang dapat memengaruhi keberadaan serangga diurnal, terutama terkait ketersediaan habitat dan kondisi substrat. Seperti parameter lainnya, kelembapan tanah diukur pada tiga titik pengamatan untuk menghasilkan nilai rata-rata yang lebih representatif terhadap kondisi lahan dan meminimalkan bias spasial.

### 3.3.5 Eksplorasi Lapangan

Eksplorasi lapangan dilakukan pada 15 November 2025 dari pukul 08.00-16.00 WIB selama satu hari. Proses pengambilan sampel menggunakan beberapa teknik penangkapan, seperti hand collecting, sweeping net, pitfall trap, dan yellow sticky trap. Rentang waktu tersebut dipilih tidak hanya untuk menyesuaikan periode puncak aktivitas serangga, tetapi juga

mempertimbangkan kondisi lokasi penelitian di kawasan kaki Gunung Betung, di mana pencahayaan berkurang lebih cepat pada sore hari. Oleh karena itu, seluruh kegiatan pengambilan sampel dibatasi pada waktu tersebut agar tetap aman dan efisien tanpa mengurangi kualitas data yang dikumpulkan. Setiap teknik dijelaskan sebagai berikut:

### 1. *Hand Collecting*

Metode ini dilakukan dengan cara menangkap serangga secara langsung menggunakan tangan atau bantuan pinset, kemudian serangga dimasukkan ke dalam botol koleksi yang telah diberi alkohol 70% sebagai pengawet (Nugroho, 2021). Teknik ini digunakan untuk menangkap serangga yang relatif lambat bergerak atau yang menempel pada bagian tanaman kopi, sehingga memungkinkan identifikasi morfologi secara lebih jelas. Pengambilan sampel serangga dengan metode *hand collecting* dilakukan pada saat aktivitas serangga relatif tinggi, yaitu pada pukul 08.00–10.00 WIB dan 14.00–16.00 WIB (Ermayani dan Syahbudin, 2021).

### 2. *Sweeping Net*

Teknik *sweeping net* dilakukan dengan mengayunkan jaring serangga (*insect net*) ke arah tanaman kopi untuk menangkap serangga yang aktif terbang di sekitar kanopi atau yang berada pada permukaan daun. Jaring diayunkan secara diagonal sepanjang jalur pengamatan, lalu isi jaring segera dipindahkan ke botol koleksi untuk selanjutnya diidentifikasi (Tanjung dkk., 2023). Penggunaan teknik *sweeping net* bersamaan saat pelaksanaan prosedur *hand collecting* yaitu pada pukul 08.00–10.00 WIB dan 14.00–16.00 WIB agar peluang menemukan serangga diurnal lebih tinggi.

### 3. *Pitfall Trap*

*Pitfall trap* dipasang ditempatkan di permukaan tanah untuk memeriksa spesies serangga yang hidup di tanah, berupa gelas plastik dengan diameter 7 cm dan kedalaman 10 cm berisi cairan deterjen encer untuk menjebak serangga berjalan (*ground-dwelling insects*) (Lupi *et al.*, 2023).

Perangkap ini dipasang secara bergantian di antara barisan pohon kopi, dengan jumlah tiga buah pada setiap baris yang telah ditentukan (Gambar 7). Pemasangan *Pitfall Trap* dilakukan selama kurang lebih 8 jam pada setiap titik pengamatan, yaitu mulai pukul 08.00 hingga 15.00 WIB. Rentang waktu tersebut dipilih untuk menangkap aktivitas serangga diurnal pada periode puncak keteraktifannya, sebelum perangkap diangkat dan jumlah tangkapan dihitung.



Gambar 7. Pemasangan *Pitfal trap* ((Dokumentasi pribadi, 2025).

#### 4. *Yellow Sticky Trap*

*Yellow sticky trap* berupa kertas berwarna kuning yang dilapisi lem khusus dipasang pada batang atau cabang pohon kopi dengan ketinggian  $\pm 1,5$  meter dari permukaan tanah (Gambar 8). Warna kuning dipilih karena bersifat atraktan bagi banyak jenis serangga terbang, khususnya ordo *Diptera* dan *Hymenoptera* (Mohammadipour, 2024). Dalam penelitian ini, *yellow sticky trap* dipasang secara bergantian dengan *pitfall trap* pada barisan pohon kopi, yaitu dua buah pada satu baris tanaman kopi. Pemasangan *yellow sticky trap* dilakukan selama kurang lebih 8 jam pada setiap titik pengamatan, yaitu mulai pukul 08.00 hingga 15.00 WIB.



Gambar 8. Pemasangan *Yellow sticky trap* (Dokumentasi pribadi, 2025).

Secara keseluruhan, pemasangan *pitfall trap* dan *yellow sticky trap* menggunakan metode purposive sampling pada 100 individu pohon kopi pada lahan perkebunan seluas  $\pm 2.500 \text{ m}^2$ . Pola pemasangan dilakukan secara bergantian, sebagaimana ditunjukkan pada (Gambar 9), yaitu satu baris dengan dua buah *yellow sticky trap* dan baris berikutnya dengan tiga buah *pitfall trap*.

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | B14 | B15 | B16 | B17 | B18 | B19 | B20 |
| P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1 | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  | P1  |
| P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2 | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  | P2  |
| P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3 | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  | P3  |
| P4 | P4 | P4 | P4 | P4 | P4 | P4 | P4 | P4 | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  | P4  |
| P5 | P5 | P5 | P5 | P5 | P5 | P5 | P5 | P5 | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  | P5  |

Gambar 9. Rancangan pemasangan perangkat serangga.

Keterangan:

B: Baris tanaman kopi

P: Nomor pohon kopi

Kuning: *Yellow sticky trap*

Hijau: *Pitfall trap*

### 3.3.6 Tabulasi Data Eksplorasi Lapangan dan Data Prediksi ChatGPT 5.1 *Free Version*

Identifikasi serangga dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *digital-assisted identification* sebagai tahap awal penentuan taksonomi.

Setiap spesimen yang ditemukan di lapangan didokumentasikan menggunakan kamera telepon genggam, kemudian citra dianalisis menggunakan aplikasi *Google Lens* untuk memperoleh dugaan nama ilmiah berdasarkan kemiripan karakter morfologi. Nama ilmiah hasil pencarian awal tersebut selanjutnya diverifikasi melalui platform daring seperti *iNaturalist* dan *BugGuide* dengan membandingkan karakter morfologi kunci, meliputi bentuk tubuh, pola warna, struktur antena, serta tipe sayap, terhadap referensi foto dan deskripsi taksonomi yang tersedia. Proses ini bertujuan meningkatkan akurasi identifikasi melalui triangulasi sumber digital dan partisipasi komunitas ilmiah, sebagaimana didukung oleh penelitian Ipin dkk. (2023) yang menyatakan bahwa *iNaturalist* efektif dalam membantu proses identifikasi organisme berbasis teknologi digital.

Sebagai langkah konfirmasi dan penguatan hasil identifikasi digital, analisis morfologis selanjutnya dilakukan dengan merujuk pada literatur utama, yaitu *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects* oleh Triplehorn *et al.* (2005), *The Pests of Crops in Indonesia* karya Kalshoven (1981), serta Kunci Determinasi Serangga oleh Lilies (1991). Literatur tersebut digunakan untuk mencocokkan dan menegaskan karakter diagnostik hingga tingkat ordo, famili, atau spesies, sehingga hasil identifikasi memiliki dasar taksonomi yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Hasil akhir identifikasi kemudian disusun dan direkapitulasi menggunakan *Microsoft Excel* untuk keperluan analisis data.

Selain itu, data prediksi yang dihasilkan oleh ChatGPT 5.1 *Free Version* melalui *initial prompt* juga ditabulasi dengan format serupa. Tabulasi ini meliputi daftar taksa yang diprediksi hadir pada kondisi lingkungan tertentu, perkiraan tingkat kelimpahan, serta kemungkinan peranan ekologisnya dalam ekosistem.

Penerapan tabulasi pada data prediksi juga bertujuan untuk memastikan bahwa hasil keluaran ChatGPT 5.1 *Free Version* dapat diperlakukan

dengan metode yang sama seperti data empiris, baik dari segi format, unit pengukuran, maupun kategori ekologis. Pendekatan ini telah digunakan dalam berbagai penelitian yang melibatkan kecerdasan buatan untuk mendukung analisis ekologi, khususnya dalam penyajian data yang kompleks menjadi bentuk yang lebih terstruktur.

### 3.4 Analisis Data

Analisis data mencakup dua sumber utama, yaitu hasil observasi lapangan dan prediksi ChatGPT 5.1 *Free Version*. Keragaman spesies dievaluasi menggunakan indeks Shannon-Wiener ( $H'$ ) untuk melihat keseimbangan distribusi individu antar taksa, sedangkan indeks dominansi Simpson ( $C$ ) digunakan untuk mengidentifikasi spesies yang berpotensi mendominasi komunitas. Menurut (Qiao *et al.*, 2024), indeks  $H'$  digunakan untuk menilai keseimbangan distribusi individu antar taksa, sedangkan indeks  $C$  menekankan pada tingkat dominansi spesies tertentu. Perhitungan dilakukan berdasarkan jumlah individu tiap takson dari kedua sumber data, kemudian diolah dengan *Microsoft Excel* guna meningkatkan akurasi dan reproduktibilitas.

#### 1. Indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ )

Salah satu indeks yang banyak digunakan dalam analisis komunitas biologis adalah Indeks Shannon–Wiener. Indeks ini mengintegrasikan tidak hanya jumlah spesies yang hadir, tetapi juga kelimpahan relatif masing-masing spesies, sehingga mampu menghasilkan representasi yang lebih menyeluruh mengenai pola keanekaragaman dan struktur komunitas serangga diurnal pada lokasi penelitian. Adapun rumus yang digunakan untuk perhitungannya berdasarkan pada rumus (Odum & Sriganono, 1993) sebagai berikut.

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

**Keterangan:**

$H'$  = Indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener;

$P_i$  =  $n_i / N$ ;

$P_i$  = Jumlah individu ke – i (jumlah 1 spesies);

$n_i$  = jumlah individu jenis ke-i; dan

$N$  = jumlah total individu semua jenis.

Keragaman spesies dalam komunitas yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu keanekaragaman tinggi, sedang, serta rendah (Aveludoni, 2021; Odum & Srigandono, 1993). Ketiga klasifikasi tersebut lebih jelas dalam range berikut.

$H' < 1,0$  : Keanekaragaman rendah

$1,0 < H' < 3,322$  : Keanekaragaman sedang

$H' > 3,322$  : Keanekaragaman tinggi

**2. Indeks Dominansi (C)**

Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui seberapa jauh suatu kelompok mendominasi kelompok lain. Dengan kata lain indeks dominansi digunakan untuk mengukur seberapa dominan satu spesies dibandingkan dengan spesies lainnya dalam komunitas (Febrian dkk., 2022). Indeks dominansi dapat dihitung menggunakan rumus indeks dominansi dari Simpson (Odum & Srigandono, 1993) sebagai berikut.

$$C = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{n_i}{N} \right]^2$$

**Keterangan:**

$C$  = Indeks dominansi Simpson;

$n_i$  = Jumlah individu tiap spesies;

$N$  = Jumlah individu seluruh spesies.

Hasil nilai dominansi yang telah didapatkan, bisa dilihat sesuai dengan nilai tolak ukur berikut.

$0 < C \leq 0,5$  : Dominasi rendah

$0,5 < C \leq 0,75$  : Dominasi sedang

$0,75 < C \leq 1,0$  : Dominasi tinggi

### 3.5 Komparasi Data Lapangan dan ChatGPT 5.1 *Free Version*

Analisis komparasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif, tanpa penerapan uji statistik inferensial. Perbandingan antara hasil eksplorasi lapangan dan prediksi kecerdasan buatan dilakukan melalui penyajian tabel, diagram batang, dan diagram lingkaran untuk menggambarkan perbedaan nilai indeks keanekaragaman, indeks dominansi, serta komposisi ordo serangga diurnal. Selain itu, tingkat kesamaan komposisi spesies antara kedua pendekatan dianalisis menggunakan indeks Sørensen, yang berfungsi untuk menilai derajat kemiripan komunitas serangga berdasarkan jumlah spesies yang sama dan total spesies pada masing-masing sumber data. Indeks Sørensen di dapatkan menggunakan rumus rumus Sorensen (1948) sebagai berikut (Irsa *et al.*, 2022).

$$I_s = \frac{2c}{S_1 + S_2} \times 100\%$$

**Keterangan:**

Is : Indeks kesamaan Sorensen

S1 : Jumlah spesies yang dijumpai di komunitas 1

S2 : Jumlah spesies yang dijumpai di komunitas 2

C : Jumlah spesies yang dijumpai di kedua komunitas Kategori Indeks

Hasil kesamaan sorensen menurut Michael (1984) terbagi dalam 3 kategori yaitu:

Is > 90% : kesamaan komunitas sangat tinggi

Is 61 – 90% : kesamaan komunitas tinggi

Is 31 – 60% : kesamaan komunitas sedang

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang berjudul “Analisis Komparasi Keragaman Serangga Diurnal di Perkebunan Kopi Robusta pada Periode Vegetatif Berdasarkan Prediksi Kecerdasan Buatan dan Eksplorasi Lapangan” adalah sebagai berikut.

1. Hasil prediksi keragaman serangga diurnal menggunakan ChatGPT 5.1 *Free Version* menunjukkan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebesar 2,81 dan indeks dominansi ( $C$ ) sebesar 0,08, yang mengindikasikan tingkat keragaman sedang dengan dominansi rendah.
2. Eksplorasi lapangan di perkebunan kopi robusta pada periode vegetatif menghasilkan nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) sebesar 2,72 yang tergolong keanekaragaman sedang dan indeks dominansi ( $C$ ) sebesar 0,11 yang menunjukkan dominansi rendah.
3. Perbandingan hasil eksplorasi lapangan dan prediksi ChatGPT 5.1 *Free Version* menunjukkan nilai indeks keanekaragaman dan dominansi yang relatif serupa, dengan nilai indeks Sørensen sebesar 21,33%, yang menandakan tingkat kesamaan komunitas yang rendah.

### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan versi ChatGPT yang berbeda untuk membandingkan hasil prediksi dan meningkatkan validitas pemanfaatan kecerdasan buatan dalam kajian keanekaragaman serangga. Selain itu, eksplorasi lapangan dengan durasi pengamatan yang lebih lama diperlukan agar data yang diperoleh lebih representatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, R. S., Leslie, T., Fitting, E., Burke, J., Loftin, K., & Joshi, N. K. (2021). Color of Pan Trap Influences Sampling of Bees in Livestock Pasture Ecosystem. *Biology*, 10(5), 445. <https://doi.org/10.3390/biology10050445>
- Acero, J. A., Kestel, P., Dang, H.T., & Norford, L. K. (2024). Impact of rainfall on air temperature, humidity and thermal comfort in tropical urban parks. *Urban Climate*, 56, 102051.
- Afandi, A., Winarno, W., Suhada, S., Maharani, A. L., Safitri, A., Saputri, N. A., Rhamadaningtyas, N. A., Soegiharto, Y. C., Apriani, V., Fitrisyah, A. Z., Pratama, M. I. A., Vega, C. A., Pawaka, A. S., Saputra, R. A. B., Amrullah, S. H., Parabi, M. I., Rustiati, E. L., Pratami, G. D., Permatasari, N., & Priyambodo, P. (2025). Analisis Komparatif Keragaman Serangga Tanah Diurnal pada Perkebunan Kopi Berdasarkan Prediksi AI dan Eksplorasi Lapangan. *Jurnal Biogenerasi*, 10(4), 2096–2108. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v10i4.7121>
- Alfianingsih, F., Dirhamzah, D., & Nurindah, N. (2022). Identifikasi serangga diurnal di Kawasan Hutan Topidi, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 2(2), 42–46. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v2i2.29368>
- Amrullah, M. F., Sarno, S., & Ulqodry, T. Z. (2025). Predator and Pollinator Insect Density in Different Mangrove Composition and Structure in Sungsang, Banyuasin Regency. *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 7(6), 4583–4602. <https://doi.org/10.38035/rrij.v7i6.1792>
- Ardyanty, P., Widian, A., & Kinasih, I. (2023). Keanekaragaman beserta karakteristik habitat Famili Panorpidae (Ordo: Mecoptera) di Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda Bandung. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(3), 213. <https://doi.org/10.5994/jei.19.3.213>
- Arif, H., Sofyan, B. A., Saputra, D. A., Tasrifin, M., & Andrian. (2024). Keanekaragaman Serangga Pada Perkebunan Jagung Zea Mays Di Desa

- Sukawana, Kota Serangcity. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 9(2), 1–9.  
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>
- Aristizábal, N., Mora-Mena, S. E., Martínez-Salinas, A., Chain-Guadarrama, A., Castillo, D., Murillo, J. B., Porras, J., & Ricketts, T. H. (2025). Bee pollination affects coffee quality, yield, and trade-offs within them. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 377, 109258.  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109258>
- Aseran, K. A. W., & Rizali, A. (2022). Keanekaragaman Dan Kelimpahan Ordo Coleoptera Pada Perkebunan Kopi Di Jawa Timur. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 10(3), 119–132.  
<https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2022.010.3.2>
- Aveludoni, M. ,M. (2021). Keanekaragaman Jenis Serangga Di Berbagai Lahan Pertanian Kelurahan Maubeli Kabupaten Timor Tengah Utara. *Wahana-Bio: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 13(1), 11–18.
- Awanni, S. R. A., Anggraeni, & Saputra, H. M. (2024). Keanekaragaman dan Pola Distribusi Serangga Polinator Pada Tanaman Jeruk Kunci (*Citrus microcarpa*) di Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka. *Jurnal Biosilampari : Jurnal Biologi*, 6(2), 103–113.  
<https://doi.org/10.62112/biosilampari.v6i2.58>
- Ayu, L. A., Nasirudin, M., & Wardhani, Y. (2021). Keanekaragaman Serangga Di Perkebunan Kopi Excelsa Desa Panglungan Kabupaten Jombang Jawa Timur. *AGROSAINTIFIKA*, 3(1), 163–168.  
<https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v3i1.1026>
- Baqir, H. A., Younis, H. A., & Alyasiri, O. M. (2023). Abhath Journal of Basic and Applied Sciences Utilizing GPT-4 for Morphological Identification of Bed Bugs. *Abhath Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(2), 38–41.  
<https://doi.org/10.59846/ajobas.v2i2.521>
- Bianchi, O., & Putro, H. P. (2024). Artificial Intelligence in Environmental Monitoring: Predicting and Managing Climate Change Impacts. *International Transactions on Artificial Intelligence (ITALIC)*, 3(1), 85–96.  
<https://doi.org/10.33050/italic.v3i1.650>
- BPS. (2023). Statistik Kopi Indonesia - Indonesian Coffee Statistics, 2022. *Badan Pusat Statistik*, 7.
- Calvão, L. B., Brito, J. da S., Ferreira, D., Cunha, E. J., Oliveira-Junior, J. M. B., & Juen, L. (2023). Effects of the loss of forest cover on odonate communities

- in eastern Amazonia. *Journal of Insect Conservation*, 27(2), 205–218.  
<https://doi.org/10.1007/s10841-022-00444-w>
- Campera, M., Budiadi, B., Bušina, T., Fathoni, B. H., Dermody, J., Nijman, V., Imron, M. A., & Nekaris, K. A. I. (2022). Abundance and richness of invertebrates in shade-grown versus sun-exposed coffee home gardens in Indonesia. *Agroforestry Systems*, 96(5–6), 829–841.  
<https://doi.org/10.1007/s10457-022-00744-9>
- Campuzano-Duque, L. F., Herrera, J. C., Ged, C., & Blair, M. W. (2021). Bases for the Establishment of Robusta Coffee (*Coffea canephora*) as a New Crop for Colombia. *Agronomy*, 11(12), 2550.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy11122550>
- Charrier, A., & Berthaud, J. (1985). *2 Botanical Classification Of Coffee*.
- Common, L. K., Bolaños, J., Vera, K., Rodríguez, J., Jäger, H., & Kleindorfer, S. (2025). Invertebrate abundance and diversity in agricultural and National park areas on Floreana Island, Galápagos. *Journal of Insect Conservation*, 29(5), 68. <https://doi.org/10.1007/s10841-025-00705-4>
- Dantas, J., Motta, I. O., Vidal, L. A., Nascimento, E. F. M. B., Bilio, J., Pupe, J. M., Veiga, A., Carvalho, C., Lopes, R. B., Rocha, T. L., Silva, L. P., Pujol-Luz, J. R., & Albuquerque, É. V. S. (2021). A Comprehensive Review of the Coffee Leaf Miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) a Major Pest for the Coffee Crop in Brazil and Others Neotropical Countries. *Insects*, 12(12), 1130. <https://doi.org/10.3390/insects12121130>
- Erdianto, A., Rofiqo Irwan, S. N., & Kastono, D. (2019). Fungsi Ekologis Vegetasi Taman Denggung Sleman sebagai Pengendali Iklim Mikro dan Peredam Kebisingan. *Vegetalika*, 8(3), 139.  
<https://doi.org/10.22146/veg.41374>
- Febrian, I., Nursaadah, E., & Karyadi, B. (2022). Analisis Indeks Keanekaragaman, Keragaman, dan Dominansi Ikan di Sungai Aur Lemau Kabupaten Bengkulu Tengah. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 600. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.5056>
- García-Méndez, V., González-Gómez, R., Toledo, J., Valle-Mora, J. F., & Barrera, J. F. (2024). Effect of Microclimate on the Mass Emergence of *Hypothenemus hampei* in Coffee Grown under Shade of Trees and in Full Sun Exposure. *Insects*, 15(2), 124. <https://doi.org/10.3390/insects15020124>
- Ghaffar Nia, N., Kaplanoglu, E., & Nasab, A. (2023). Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction. In *Discover*

*Artificial Intelligence* (Vol. 3, Issue 1). Springer Nature.  
<https://doi.org/10.1007/s44163-023-00049-5>

- Giuriatto, J. J. T., Espindula, M. C., de Araújo, L. F. B., Vasconcelos, J. M., & Campanharo, M. (2020). Growth and physiological quality in clonal seedlings of Robusta coffee. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(4).  
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200063>
- Haghighi, R. S. , S. P. M. , & J. S. N. (2023). Artificial Intelligence in Ecology: A Commentary on a Chatbot's Perspective. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 104(4). <https://doi.org/10.1002/bes2.2097>
- Hamzah, F. (2019). *Keanekaragaman Serangga Predator Pada Tanaman Kacang Panjang (Vigna Sinensis L.) Di Kecamatan Sumberejo Kabupaten Tanggamus*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Bandar Lampung.
- Harnelly, E., Heriansyah, F., Iqbar, & Ramlan, R. R. (2024). Morphological relationship of coffee varieties ( Coffea spp.) arabica and robusta in Pondok Gajah Experimental Garden Bener Meriah. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1356(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1356/1/012014>
- Haryadi, N.T., Kurnianto, A.S., Dewi, N., Sukma, G.A.K., Devarigata, E.S., Suyitno, Y.M.R., Magvira, N.L., & Firdaus, A.S. (2024). Exploring vegetation's role in enhancing ant-based coffee berry borer control in an agroforestry system. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*.
- Haupt, C. E., & Marks, M. (2023). AI-Generated Medical Advice—GPT and Beyond. *JAMA*, 329(16), 1349. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.5321>
- Hutagaol, R. R. (2016). *Inventarisasi Serangga Pada Pohon Tembesu (Fragraea fragrans Roxb)*.
- Irsa, A. F. N., Rahadian, R., & Hadi, M. (2022). Struktur komunitas, keragaman tumbuhan inang, dan status konservasi kupu-kupu (Lepidoptera) di Desa Ngesrepbalong Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 777–786. <https://doi.org/10.14710/jil.20.4.777-786>
- Kalshoven, L. G., & Edmund. (1981). *Pests of crops in Indonesia*. P.T. Ichtiar Baru-Van Hoeve.
- Khasanah, N., Windriyanti, W., & Yuliasmara, F. (2024). Keanekaragaman Serangga pada Tanaman Kopi Liberika dengan Tiga Intensitas Naungan yang

- Berbeda. *Plumula : Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 12(1), 9–16.  
<https://doi.org/10.33005/plumula.v12i1.213>
- Kingazi, N., Temu, R.-A., Sirima, A., & Jonsson, M. (2025). Agroforestry as a refuge for insect pollinators: seasonal and elevational insights from Northern Tanzania. *Journal of Insect Conservation*, 29(3), 50.  
<https://doi.org/10.1007/s10841-025-00688-2>
- Kitzes, J., Chronister, L., Czarnecki, C., Fiss, C., Freeland-Haynes, L., Goodman, B. D., Lapp, S., Lyon, R. P., Nossan, H., Rhinehart, T. A., Ruiz Guzman, S., Syunkova, A., & Viotti, L. (2025). Integrating AI models into ecological research workflows: The case of terrestrial bioacoustics. *Methods in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.70133>
- Kleiman, B., & Koptur, S. (2023). Weeds enhance insect diversity and abundance and may improve soil conditions in mango cultivation of South Florida. *Insects*, 14(1), 65. <https://doi.org/10.3390/insects14010065>
- Krahner, A., Schmidt, J., Maixner, M., Porten, M., & Schmitt, T. (2021). Evaluation of four different methods for assessing bee diversity as ecological indicators of agro-ecosystems. *Ecological Indicators*, 125, 107573.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107573>
- Kristiaga, Z. C. J. , & Agastya, I. M. I. (2020). Kelimpahan Serangga Musuh Alami dan Serangga Hama Pada Ekosistem Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annum* L.) Pada Fase Vegetatif di Kecamatan Dau Kabupaten Malang. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(3), 230–236.  
<https://doi.org/10.25181/jppt.v20i3.1715>
- Kurnianto, A. S., Dewi, N., Sulistyowati, H., Siddiq, A. M., Ratnasari, T., Khowatini, H., Yulianto, R., & Firdaus, A. S. (2024). Sustaining Biodiversity and Ecological Roles in a Heritage Landscape: The Role of Coffee Agroforestry in Kluncing, Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*, 32(2), 459–471. <https://doi.org/10.4308/hjb.32.2.459-471>
- Lembang, E. (2019). *Studi Keanekaragaman Serangga Lantai Hutan Di Sangkima Taman Nasional Kutai*. (Skripsi). Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur. Sangatta.
- Lilies, C. S. (1991). *Kunci determinasi serangga*. Kanisius.
- Lupi, D., Zanetti, A., Triberti, P., Facchini, S., Rigato, F., Jucker, C., Malabusini, S., Savoldelli, S., Cortesi, P., & Loni, A. (2023). Insect Biodiversity in a Prealpine Suburban Hilly Area in Italy. *Insects*, 14(9), 727.  
<https://doi.org/10.3390/insects14090727>

- Maharani, Y., Dewi, A. P. K., Rasiska, S., Hutapea, D., Maxiselly, Y., & Sandrawati, A. (2024). The diversity and ecological roles of insects and arachnids in arabica coffee (*Coffea arabica*) plantation in Palasari, Bandung Regency. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 21(1). <https://doi.org/10.5994/jei.21.1.54>
- Maldonado-Cepeda, J. D., Gómez, J. H., Benavides, P., Jaramillo, J., & Gil, Z. N. (2024). Taxonomic and Functional Diversity of Flower-Visiting Insects in Coffee Crops. *Insects*, 15(3), 143. <https://doi.org/10.3390/insects15030143>
- Manik, D. (2024). *Keanekaragaman Jenis Serangga Pada Tanaman Kopi Arabika (Coffea Arabica L.) Di Desa Salaon Tonga-Tonga Kecamatan Ronggurnihuta Kabupaten Samosir*. (Skripsi). Universitas Medan Area. Medan.
- Manurung, R. U., Mahrus, & Lestari, T. A. (2023). Diversity Of Coleoptera Order Soil Insects In Kerandangan Nature Park Area. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 7–15. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i1.5901>
- Michael, P. (1984). *Metode ekologi untuk penyelidikan lapangan dan laboratorium Ecological methods for field and laboratory investigations*. Universitas Indonesia Press.
- Miller, T., Michoński, G., Durlík, I., Kozłowska, P., & Biczak, P. (2025). Artificial Intelligence in Aquatic Biodiversity Research: A PRISMA-Based Systematic Review. *Biology*, 14(5), 520. <https://doi.org/10.3390/biology14050520>
- Mohammadipour, A. (2024). The role of sticky yellow traps in reducing the population of the Dubas Bug, *Ommatissus lybicus*. *Journal of Entomological Society of Iran*, 44(4), 407–415. <https://doi.org/10.61186/jesi.44.4.4>
- Muhammad, F. N., Rizali, A., & Rahardjo, B. T. (2022). Diversity and species composition of ants at coffee agroforestry systems in East Java, Indonesia: Effect of habitat condition and landscape composition. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(7). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230702>
- Nainggolan, H. B., Bakti, D., & Marheni. (2015). Keanekaragaman jenis serangga pada pertanaman *Coffea arabica* L. setelah erupsi abu vulkanik Gunung Sinabung di Kabupaten Karo. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1), 1726–1734.
- Nugroho, E. D., Rahayu, D. A., Ainiyah, R., Fathurrohman, A., Ahwan, Z., Dayat, M., Wibisono, M., Aji, F. R., Kasiman, K., & Anam, K. (2021). Keanekaragaman Serangga Diurnal dan Nocturnal Pada Hutan Taman Kehati Sapien Nusantara di Kabupaten Pasuruan Diversity of Diurnal and Nocturnal Insects in the Sapien Nusantara Conservation Forest Park in Pasuruan Regency. *BJBE: Borneo Journal of Biology Education*, 3(2), 79–89.

- Nurhayati, Syarifuddin, Ritonga, Y. E., Pradwinata, R., & Pendong, L. M. (2025). Butterfly diversity in natural and modified habitat at Bahorok District, Langkat Regency, North Sumatra. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 22(1), 17–28. <https://doi.org/10.5994/jei.22.1.17>
- Odum, E. P. ., & Srigandono, B. . (1993). *Dasar-dasar ekologi*. Gadjah Mada University Press.
- Oumarou Ngoute, C., Kekeunou, S., & Bilong Bilong, C. F. (2023). Grasshopper (Orthoptera: Acridomorpha) diversity in response to fallow-land use in southern Cameroon with recommendations for land management. *Journal of Insect Science*, 23(2). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead011>
- Pariyanto, P., Sulaiman, E., & Ihdana, B. (2020). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Di Perkebunan Kopi Desa Batu Kalung Kecamatan Muara Kemumu Kabupaten KEPAHANG. *Jurnal Biosilampari : Jurnal Biologi*, 2(2), 44–51. <https://doi.org/10.31540/biosilampari.v2i2.885>
- Parreño, M. A., Werle, S., Buydens, L., Leroy, C., Roberts, S., Koirala, S., Filipiak, M., Kuhlmann, M., Brunet, J.-L., Henry, M., Alaux, C., Requier, F., Piot, N., Meeus, I., Klein, A.-M., Keller, A., & Leonhardt, S. D. (2024). Landscape heterogeneity correlates with bee and pollen diversity while size and specialization degree explain species-specific responses of wild bees to the environment. *Science of The Total Environment*, 954, 176595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176595>
- Permatasari, N., Priyambodo, P. (2024). Meta Ai dalam Menggambarkan Morfologi Individu Gulma pada Perkebunan Kopi di Indonesia. *Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 635–644. <https://www.gbif.org/>.
- Permatasari, N., Same, M., Sari, R. P. K., & Fauziah, L. K. (2023). Analysis of Weed Vegetation in Robusta Coffee (*Coffea robusta* L.) Traditional Farm at Pesawaran, Lampung. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4), 67–75. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i4.5422>
- Pichler, M., & Hartig, F. (2023). Machine learning and deep learning—A review for ecologists. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(4), 994–1016. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14061>
- Polizzi, A., Quinzi, V., Lo Giudice, A., Marzo, G., Leonardi, R., & Isola, G. (2024). Accuracy of Artificial Intelligence Models in the Prediction of Periodontitis: A Systematic Review. *JDR Clinical & Translational Research*, 9(4), 312–324. <https://doi.org/10.1177/23800844241232318>

- Priyambodo, P., & Permatasari, N. (2024). Evaluation of ChatGPT Visualisation in Characterising Phenotypic Traits of *Heterotrigona itama* as a Coffee Pollinator Agent. *BIO-CONS : Jurnal Biologi Dan Konservasi*, 6(2), 500–511. <https://doi.org/10.31537/biocons.v6i2.2096>
- Qiao, H., Orr, M. C., & Hughes, A. C. (2024). Measuring metrics: what diversity indicators are most appropriate for different forms of data bias? *Ecography*, 2024(9). <https://doi.org/10.1111/ecog.07042>
- Raguso, R. A. (2020). Don't forget the flies: dipteran diversity and its consequences for floral ecology and evolution. In *Applied Entomology and Zoology* (Vol. 55, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13355-020-00668-9>
- Ramadhan, R. A. M., Mirantika, D., & Septria, D. (2020). Keragaman Serangga Nokturnal dan Peranannya terhadap Agroforestri di Kota Tasikmalaya. *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(2), 114–125. <https://doi.org/10.36423/agroscript.v2i2.585>
- Richter, A., Klein, A.-M., Tschardt, T., & Tylianakis, J. M. (2007). Abandonment of coffee agroforests increases insect abundance and diversity. *Agroforestry Systems*, 69(3), 175–182. <https://doi.org/10.1007/s10457-006-9020-y>
- Rillig, M. C., Mansour, I., Hempel, S., Bi, M., König-Ries, B., & Kasirzadeh, A. (2024). How widespread use of generative AI for images and video can affect the environment and the science of ecology. *Ecology Letters*, 27(3). <https://doi.org/10.1111/ele.14397>
- Roonprapant, P., Arunyanark, A. A., & Chutteang, C. (2021). Morphological and physiological responses to water deficit stress conditions of robusta coffee (*Coffea canephora*) genotypes in Thailand. *Agriculture and Natural Resources*, 55 issue 3(3). <https://doi.org/10.34044/j.anres.2021.55.3.18>
- Ruslan, H., Satiyo, A., & Yenisbar, Y. (2023). Keanekaragaman kupu-kupu (Lepidoptera: *Papilionoidea*) di Kawasan Pusat Pendidikan Konservasi Alam Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(1), 10. <https://doi.org/10.5994/jei.20.1.10>
- Samsuri. (2019). Keanekaragaman Serangga Hama, Predator, Dan Parasitoid Pada Perkebunan Kopi Seat Ungaran. *AGROISTA Jurnal Agroteknologi*, 3(1), 64–72.
- Sari, R., Saputra, D., Hairiah, K., Rozendaal, D., Roshetko, J., & van Noordwijk, M. (2020). Gendered Species Preferences Link Tree Diversity and Carbon

- Stocks in Cacao Agroforest in Southeast Sulawesi, Indonesia. *Land*, 9(4), 108. <https://doi.org/10.3390/land9040108>
- Schmid, S. E., Roberti, G., Kunzelmann, J., Kay, S., & Klein, N. (2025). Listening to orthoptera in agroforestry: methodological and management insights for conservation. *Journal of Insect Conservation*, 30(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s10841-025-00740-1>
- Schmidt-Lebuhn, A. N., & Knerr, N. (2025). Large Language Models can extract morphological data from taxonomic descriptions, but their stochastic nature makes automation challenging: a test on Australian Asteraceae. *PhytoKeys*, 261, 189–210. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.261.158396>
- Silva, L. O. E., Rodrigues, M. J. L., Ferreira, M. F. da S., de Almeida, R. N., Ramalho, J. C., Rakocevic, M., & Partelli, F. L. (2024). Modifications in floral morphology of *Coffea* spp. genotypes at two distinct elevations. *Flora*, 310, 152443. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152443>
- Silvestro, D., Gorla, S., Sterner, T., & Antonelli, A. (2022). Improving biodiversity protection through artificial intelligence. *Nature Sustainability*, 5(5), 415–424. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00851-6>
- Sitompul, A. (2017). Identifikasi Serangga Penyerbuk pada Pertanaman Kopi (*Coffea arabica* L.) di Kabupaten Dairi, Sumatera Utara. *Jurnal Biosains*, 3(2). [www.aeki-ac.org](http://www.aeki-ac.org)
- Souza, I. L., de Paulo, H. H., de Siqueira, M. A., Costa, V. A., Wengrat, A. P. G. da S., Peronti, A. L. B. G., & Martinelli, N. M. (2023). Scale Insects and Natural Enemies Associated with Conilon Coffee (*Coffea canephora*) in São Paulo State, Brazil. *Agriculture*, 13(4), 829. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040829>
- Tanjung, S. R. , Siregar, D. A. , & Siregar, R. A. D. (2023). Studi Keanekaragaman Serangga Pada Perkebunan Kopi Sipirok (*Coffea Arabica* L.). *Jurnal Education And Development*, 11(3), 309–312. <https://doi.org/10.37081/ed.v11i3.5466>
- Tarigan, R., Barus, S., Hutabarat, R. C., Sembiring, P., Parhusip, D., Udiarto, B. K., & Aryani, D. S. (2022). Keanekaragaman dan aktivitas serangga pengunjung pada bunga wortel. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 19(3), 214. <https://doi.org/10.5994/jei.19.3.214>
- Tihelka, E., Cai, C., Giacomelli, M., Lozano-Fernandez, J., Rota-Stabelli, O., Huang, D., Engel, M. S., Donoghue, P. C. J., & Pisani, D. (2021). The

- evolution of insect biodiversity. *Current Biology*, 31(19), R1299–R1311. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.057>
- Toikkanen, J., Halme, P., Kahanpää, J., & Toivonen, M. (2022). Effects of landscape composition on hoverflies (Diptera: Syrphidae) in mass-flowering crop fields within forest-dominated landscapes. *Journal of Insect Conservation*, 26(6), 907–918. <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00436-w>
- Triplehorn, C. A. ., Johnson, N. F. ., & Borror, D. J. . (2005). *Borror and DeLong's introduction to the study of insects*. Thompson Brooks/Cole.
- Ulinnuha, U., Hartke, T. R., Hidayat, P., Buchori, D., Scheu, S., & Drescher, J. (2025). Riparian zones offset community decline in true flies (Diptera) after lowland rainforest conversion to smallholder cash crops in Sumatra. *Biodiversity and Conservation*, 34(11), 3805–3823. <https://doi.org/10.1007/s10531-025-03133-7>
- Utari, A., Maharani, Y., & Sudarjat, S. (2024). Keanekaragaman Serangga dan Fungsinya pada Tiga Tipe Perkebunan Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung. *Agrikultura*, 35(3), 494–505. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i3.58144>
- Wong, M. K. L., & Didham, R. K. (2024). A global dataset of diel activity patterns in insect communities. *Scientific Data*, 11, 558.
- Wong, M. K. L., & Didham, R. K. (2024). Global meta-analysis reveals overall higher nocturnal than diurnal activity in insect communities. *Nature Communications*, 15(1), 3236. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47645-2>
- Wongwila, K., Chaianunporn, T., Pradit, N., & Sankamethawee, W. (2025). Variation in local communities of insect pollinators in different land-use types in Northeastern Thailand. *Journal of Insect Conservation*, 29(3), 48. <https://doi.org/10.1007/s10841-025-00689-1>
- Zainal, S., Nurdin, M., & Agni, R. (2024). Pelatihan dan Pendampingan Mahasiswa Pendidikan Biologi dalam Menulis Tugas Akhir dengan Menggunakan Artificial Intelegent (AI) Melalui Aplikasi ChatGPT. *Jurnal Abdidas*, 5(5). <https://doi.org/10.31004/abdidas.v5i5.1015>