

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian teori

Kajian teori adalah tahapan dalam proses penelitian yang harus diselesaikan peneliti. Kajian teori ini harus sesuai dengan topik penelitian, yaitu berupa konsep dan definisi, yang bertujuan sebagai landasan dari penelitian yang dilakukan.

1. Identifikasi

Menurut Kamus Bahasa Indonesia (2008) identifikasi adalah perbuatan menetapkan identitas seseorang benda dan sebagainya. Sementara menurut Hidayat dkk. (2022) Identifikasi merupakan suatu tindakan yang dilakukan dengan proses mencari, menemukan, meneliti, mencatat data, dan informasi mengenai seseorang atau sesuatu. Secara umum bisa diartikan sebagai suatu tindakan yang berkaitan dengan penentuan identitas suatu benda, seseorang, atau lainnya. Sedangkan klasifikasi merupakan sebuah proses pengelompokan suatu benda berdasarkan persamaan dan perbedaannya. Dalam bidang ilmu Biologi, proses identifikasi dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis organisme yang hidup dalam satu habitat serta dapat menentukan peran ekologis masing-masing spesies dalam sebuah ekosistem dengan membandingkan kesamaan dan perberdaan antara dua organisme, lalu menetapkan apakah keduanya termasuk ke dalam jenis yang sama atau berbeda (Hidayat *et al.*, 2022).

Kegiatan identifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan proses mengurutkan organisme makhluk hidup dalam suatu kelompok berdasarkan persamaan dan perbedaan yang dimiliki dari setiap individu. Proses ini dapat dimulai dengan melakukan pengamatan untuk mengenali ciri-ciri morfologi pada serangga diurnal yang ditemukan. Pengidentifikasian yang dilakukan dapat dilakukan dengan melihat karakteristik morfologi seperti bentuk dan struktur sayap, tipe antena, susunan kaki, serta warna tubuh. Proses identifikasi pada serangga diurnal dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan melakukan observasi langsung ke lapangan, kemudian pemasangan *trap* (jebakan) pada lokasi-lokasi tertentu yang merupakan habitat atau wilayah distribusi

serangga dengan menggunakan berbagai macam *trap* sesuai dengan target serangga yang akan dicuplik atau diidentifikasi, bisa menggunakan teknik *pit fall trap* jika serangga yang menjadi target adalah serangga-serangga yang hidupnya dipermukaan tanah seperti serangga dari famili formicidae (semut-semutan), dapat juga menggunakan teknik *yellow trap* jika yang menjadi target serangga yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap warna kuning atau warna cerah seperti serangga-serangga polinator seperti yang diungkapkan oleh Hutchinson dkk. (2021) bahwa 27 dari 30 spesies lebah soliter lebih sensitif terhadap warna kuning atau warna yang mencolok. Tak hanya serangga polinator saja, namun serangga hama pun memiliki sensitivitas tinggi terhadap warna kuning atau warna mencolok seperti yang dijelaskan oleh Lu dkk. (2012) pada penelitiannya yang menyebutkan bahwa perangkap lengket kuning (*yellow trap*) secara signifikan dapat menarik perhatian serangga hama. Selain menggunakan jebakan, penangkapan serangga juga dapat dilakukan secara langsung dengan bantuan jaring serangga (*insect net*) serta melalui metode *sweep net*. Serangga yang berhasil ditangkap, selanjutnya diidentifikasi untuk mengetahui urutan taksonnya dengan melihat karakteristik morfologi serangga yang dilihat dari bagian caput, toraks, karakter scutellum, karakter sayap, dan karakter abdomen dengan bantuan buku kunci determinasi dan aplikasi identifikasi seperti *Picture Insect: Bug Identifier* (Oktaviani *et al.*, 2024).

2. Keanekaragaman Jenis

Keanekaragaman jenis adalah karakteristik komunitas yang menunjukkan tingkat keanekaragaman jenis organisme di dalamnya (Siregar *et al.*, 2014). Sedangkan menurut Asril dkk. (2022) dalam bukunya menjelaskan bahwa keanekaragaman jenis adalah keanekaragaman spesies atau makhluk hidup yang diukur dalam hal kekayaan spesies (*richness*) yang mengacu pada jumlah total spesies di area yang ditentukan dan distribusi individu diantara spesies tersebut (*evenness*). Keanekaragaman jenis, yang mencakup keragaman genetik, spesies, dan ekosistem, merupakan bagian penting dari keanekaragaman hayati. Keanekaragaman yang terjadi pada hari ini merupakan hasil evolusi milyaran tahun lalu yang dibentuk oleh proses alam dan semakin meningkat karena campur tangannya manusia. Semua ini menciptakan suatu jaringan kehidupan yang saling

terhubung satu sama lain. Keanekaragaman hayati yang tersebar mencakup variasi genetik yang terdapat di dalam suatu spesies, termasuk diantaranya varietas-varietas pada tanaman dan hewan ternak. Unsur penyusun kehidupan seperti kromosom, gen, dan DNA berperan penting dalam membentuk karakteristik khas setiap individu serta berfungsi untuk membedakan satu spesies dengan spesies yang lainnya (Asril *et al.*, 2022).

Keanekaragaman jenis membantu ekosistem tetap stabil dan ketahanan ekosistem. Ekosistem yang memiliki keanekaragaman tinggi cenderung lebih mampu bertahan terhadap gangguan lingkungan seperti perubahan iklim, pencemaran, dan invasi spesies asing. Sedangkan dalam fungsinya, setiap spesies dalam suatu ekosistem mempunyai peran-peran tertentu dalam rantai makanan serta proses ekologi yang terjadi didalamnya, seperti penyerbukan, pengendalian hama, dan daur ulang nutrisi. Keberadaan dari berbagai spesies memungkinkan ekosistem untuk berfungsi secara optimal. Karena keanekaragaman sering kali digunakan sebagai ukuran kesehatan sistem biologis di sebuah ekosistem (Situmorang, 2020).

Pada penelitian ini keanekaragaman berfokus pada keanekaragaman spesies serangga diurnal yang dapat dilihat sebagai indikator kualitas suatu lingkungan. Menurut Alrazik dkk. (2017) keanekaragaman serangga yang tinggi mencerminkan ekosistem yang stabil dan seimbang karena serangga mampu membuat proses jaring-jaring makanan bekerja secara optimal, namun sebaliknya jika pada ekosistem keanekaragaman serangga kecil maka lingkungan ekosistem tidak seimbang karena serangga dalam hal ini mendukung berbagai interaksi ekologis, seperti predasi, kompetisi, dan transfer energi di lingkungan tempat hidupnya dan mampu menggambarkan tingkat pengendalian ekosistem oleh faktor alami (klimatik, biotik, serta abiotik).

Keanekaragaman jenis dapat dihitung dengan menggunakan rumus Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener atau yang juga dikenal dengan Shannon-Wiener Diversity Index (H'). Rumus dari indeks tersebut adalah $H' = -\sum P_i \ln P_i$. Metode perhitungan tersebut merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mengukur tingkat keanekaragaman spesies dalam suatu komunitas biologi. Indeks ini mempertimbangkan dua aspek utama dari keanekaragaman, yaitu

kekayaan dan pemerataan. Indeks Shannon-Wiener relevan dalam penelitian ini karena dapat memberikan gambaran tentang tingkat kompleksitas dan keseimbangan ekologis.

3. Serangga

Serangga adalah salah satu kelas dari filum Arthropoda yang pada umumnya memiliki tiga bagian tubuh meliputi *caput*, *thorax*, dan *abdomen*. Serangga memiliki variasi warna tubuh yang sangat beragam, mulai dari yang mencolok hingga yang tampak tidak menarik. Sebagai hewan berdarah dingin, serangga memiliki kemampuan bertahan hidup yang sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungannya. Beberapa jenis serangga mampu bertahan hidup dalam suhu dibawah nol derajat hanya untuk waktu yang singkat, sedangkan jenis yang lain memiliki kemampuan bertahan hidup lebih lama dalam kondisi dengan suhu ekstrem (Oktaviani *et al.*, 2024).

Serangga telah berada di bumi ini sejak sekitar 350 juta tahun yang lalu dan mengalami proses evolusi yang memungkinkan mereka beradaptasi dengan berbagai jenis habitat. Umumnya, serangga berukuran kecil dan beberapa spesies yang lain dilengkapi dengan sayap yang memungkinkan mereka untuk menyebar secara luas serta dapat menghindari serangan predator. Serangga juga menyumbang hampir 80% dari keseluruhan spesies hewan di bumi, dengan siklus hidup yang dimulai dari telur hingga tahap dewasa. Tak hanya itu saja, serangga pun memiliki peran ekologis yang sangat penting sebagai bioindikator, polinator, predator, dan lain sebagainya (Oktaviani *et al.*, 2024).

Serangga yang juga dikenal dengan nama lain Hexapoda. Hewan ini memiliki beragam jenis dan tersebar luas di berbagai wilayah di seluruh dunia. Secara keseluruhan, jumlah spesies serangga yang telah diketahui dan teridentifikasi mencapai kurang lebih 67.500 spesies, menunjukkan keragaman dan penyebarannya yang luar biasa (Alfianingsih *et al.*, 2022). Kehadiran serangga memiliki peran antara lain sebagai peningkat hasil pertanian dan dapat memelihara tanaman di alam liar (Masawet *et al.*, 2019).

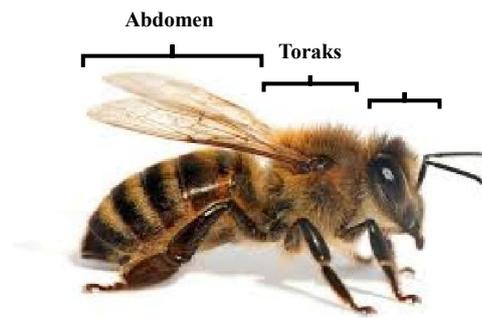
Serangga pada umumnya merupakan hewan invertebrata yang memiliki kemampuan hidup di lingkungan kering dan juga mampu terbang. Adaptasi serangga terhadap lingkungan kering dimungkinkan oleh tubuhnya yang dilapisi

kitin, suatu zat pelindung. Lapisan ini membantu serangga beradaptasi dengan baik sehingga memiliki tingkat kemampuan penyesuaian yang tinggi terhadap perubahan atau tantangan lingkungan di sekitarnya (Yusuf *et al.*, 2021).

Menurut Rahmi *et al.* (2018) morfologi serangga sangat beragam dalam hal ukuran, bentuk, dan warna tubuh atau bagian tubuh lainnya. Serangga biasanya hidup di hampir semua lingkungan, termasuk air dan tanah, di mana struktur dan tingkah lakunya berubah sesuai dengan siklus hidupnya dan memiliki banyak habitat yang tersebar luas. Serangga berdasarkan waktu aktivitasnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu terdapat serangga diurnal yang beraktivitas pada siang hari, sedangkan serangga nokturnal ia beraktivitas pada malam hari, serangga tersebut membutuhkan intensitas cahaya yang rendah untuk melakukan aktivitasnya. Pada penelitian ini fokus serangga yang menjadi objek penelitian adalah serangga diurnal yang merupakan kelompok serangga yang menunjukkan aktivitas dominan pada siang hari dan membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi untuk melakukan aktivitas hidupnya, terutama dalam mencari makan, kawin, dan berinteraksi dengan lingkungan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yusuf dkk. (2021) serangga diurnal terdistribusi pada berbagai ordo yang ditemukan aktif antara pukul 07.00 hingga 18.00.

4. Struktur Serangga

Serangga pada dasarnya mempunyai tiga bagian tubuh utama yaitu, bagian kepala (*head*), bagian toraks (*thorax*), dan bagian perut (*abdomen*). Seluruh bagian tubuh serangga memiliki peran yang penting bagi kelangsungan hidup serangga, pada bagian kepala serangga merupakan pusat kendali alat Indra karena terdapat organ alat Indra yaitu mata, antena serta mulut. Kemudian pada bagian toraks serangga yang berada ditengah antara kepala dan abdomen memiliki peran sebagai pusat pergerakan karena menjadi tempat melekatnya kaki dan sayap. Sedangkan bagian abdomen serangga berperan dalam proses-proses vital serangga seperti pencernaan, eksresi, reproduksi, pernapasan, serta pertahanan dan komunikasi.

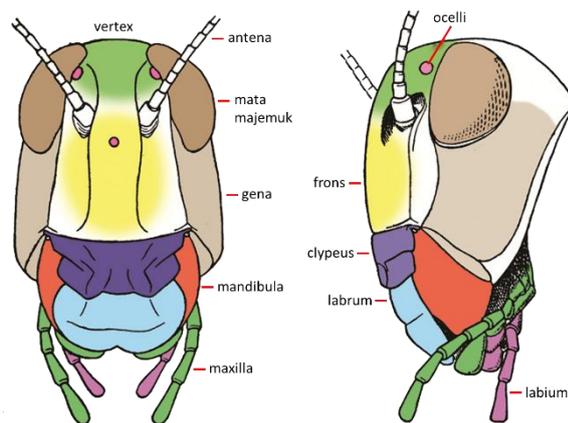


Gambar 2. 1 Struktur Serangga

(Sumber: Tempo.com)

a. Caput

Kepala serangga atau caput merupakan bagian tubuh anterior yang berfungsi sebagai pusat penginderaan dan tempat utama untuk struktur pengambilan makanan. Struktur ini terbentuk dari fusi enam segmen dan membentuk kapsul kepala (cranium) yang tersklerotisasi secara kompleks. Kepala serangga mendukung beragam organ penting seperti mata, antena, dan alat mulut, serta memiliki variasi bentuk yang berkaitan erat dengan perilaku makan dan habitat serangga. Struktur bagian kepala serangga dapat dilihat pada gambar 2. 1



Gambar 2. 2 Struktur Kepala Serangga

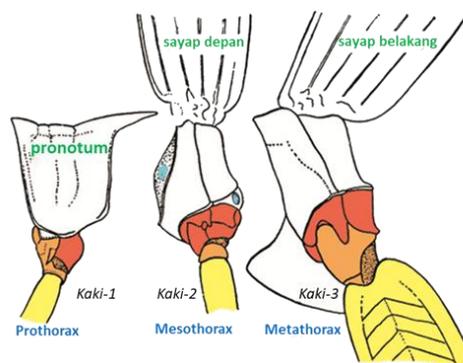
(Sumber: mplk.politanikoe.ac.id)

Pada umumnya kepala serangga terdiri dari atas beberapa sclerit utama, diantaranya vertex, terletak pada bagian atas kepala diantara mata majemuk, sering kali menjadi tempat melekatnya ocelli (mata sederhana). Sementara bagian frons

merupakan bagian wajah anterior yang terletak di bawah vertex dan di atas clypeus, dan terletak pada median ocellus. Clypeus ialah struktur mirip dahi bawah yang menjadi dasar tempat melekatnya labrum (bibir atas). Labrum merupakan bibir atas yang berperan sebagai penutup rongga mulut bagian atas. Sementara, pada bagian gena merupakan area pipi serangga yang terletak di sisi kepala, di samping frons dan tepat di bawah mata majemuk. Di bagian belakang kepala terdapat occiput dan post-occiput, yaitu bagian posterior kapsul kepala yang berbatasan langsung dengan leher, membentuk sisi belakang kepala. Struktur-struktur ini dipisahkan oleh sutures, yaitu garis atau lekukan antarsclerite, seperti fronto-clypeal suture, labro-clypeal suture, dan epicranial suture yang berperan dalam pembagian morfologis kepala serangga (Saikia, 2022).

b. Toraks

Toraks adalah bagian tubuh tengah serangga yang memiliki peran penting dalam pergerakan karena menjadi tempat melekatnya kaki dan sayap serta mengandung otot-otot utama untuk aktivitas mobilisasi. Bagian toraks pada serangga umumnya terbagi menjadi tiga bagian, yaitu *prothorax*, *mesothorax*, dan *metathorax*.



Gambar 2. 3 Struktur Toraks Serangga

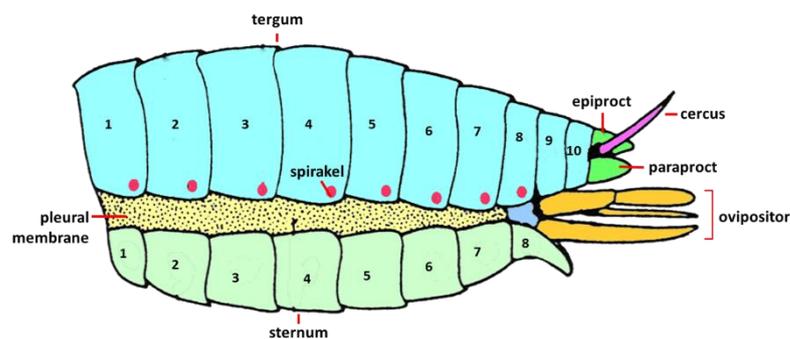
(Sumber: mplk.politanikoe.ac.id)

Setiap segmen pada bagian toraks serangga dilengkapi dengan sepasang tungkai. Sayap serangga umumnya hanya ditemukan pada dua segmen toraks, yaitu pada bagian mesotoraks dan metatoraks. Toraks sendiri merupakan bagian tengah tubuh serangga yang terletak diantara kepala dan abdomen. Bagian ini

berfungsi sebagai pusat pergerakan. Karena pada toraks terdapat tiga pasang tungkai (kaki) dan pada jenis serangga yang lainnya terdapat sepasang atau dua pasang sayap. Keberadaan struktur-struktur ini memungkinkan serangga untuk bergerak dan beraktivitas secara efektif (Oktaviani *et al.*, 2024).

c. Abdomen

Abdomen pada serangga merupakan salah satu bagian utama dari tubuh serangga yang terletak pada bagian belakang, tepatnya berada pada posterior. Bagian ini berperan penting sebagai penyangga berbagai organ vital dalam tubuh serangga. Abdomen memiliki struktur yang fleksibel dan terdiri atas beberapa segmen yang dapat bergerak dan memungkinkan serangga untuk melakukan berbagai aktivitas fisiologis. Di dalam abdomen terdapat sistem pencernaan yang berfungsi untuk memproses makanan serangga serta organ reproduksi. Selain itu, abdomen juga menjadi tempat bagi sebagian besar sistem ekskresi dan respirasi yang penting bagi keberlangsungan hidup serangga. Pada bagian abdomen serangga betina dewasa umumnya memiliki ovipositori yang digunakan untuk meletakkan telur (Oktaviani *et al.*, 2024). Sementara pada serangga lebah dan tawon, ovipositori telah berevolusi menjadi organ yang digunakan untuk menyengat.



Gambar 2. 4 Struktur Abdomen Serangga

(Sumber: mplk.politanikoe.ac.id)

Secara umum, serangga memiliki bagian abdomen yang tersusun atas 6 hingga 10 segmen. Pada masing-masing segmen abdomen terdapat struktur yang dikenal dengan istilah paraproct, yaitu bagian terminal abdomen yang terletak berdekatan dengan anus. Struktur ini pada beberapa jenis serangga dapat mengalami modifikasi menjadi epiproct, yang merupakan bagian dorsal dari ujung abdomen.

Selain itu, pada ujung segmen abdomen juga terdapat organ sensorik yang disebut cerci, yang berfungsi sebagai alar peraba untuk mendeteksi rangsangan dari lingkungan sekitar. Secara anatomi, abdomen serangga terdiri atas dua komponen utama, yaitu tergum (bagian atas) dan sternum (bagian bawah), yang dihubungkan oleh membran fleksibel di sisi kanan dan kiri, yang sekaligus menghubungkan abdomen dengan toraks. Pada serangga yang masih dalam tahap perkembangan (belum dewasa), terdapat struktur tambahan yang disebut proleg, yaitu semacam kaki semu yang berfungsi sebagai alat bantu pergerakan, khususnya pada larva dari kelompok tertentu seperti lepidoptera. Selain itu, alat reproduksi pada jantan di kenal dengan nama kapulatori (I. P. Putra, 2020).

5. Serangga Diurnal

Serangga diurnal adalah jenis serangga yang aktif pada siang hari. Mereka memanfaatkan cahaya matahari untuk menjalankan aktivitas seperti mencari makan, kawin, dan bertahan hidup. Biasanya, serangga ini memiliki indera penglihatan yang baik untuk mendeteksi gerakan dan mengenali warna, yang sangat membantu dalam menemukan bunga, mangsa, atau pasangan. Banyak dari mereka juga memiliki tubuh berwarna cerah yang terkadang berfungsi sebagai bentuk perlindungan, baik untuk menarik pasangan maupun menghindari predator. Contoh serangga yang termasuk kedalam serangga diurnal yaitu kupu-kupu, lebah, dan capung.

Serangga diurnal sering kali mencerminkan kondisi ekosistem, seperti tingkat polusi, ketersediaan sumber daya, dan perubahan habitat, mereka dapat berfungsi sebagai indikator kualitas lingkungan. Berikut merupakan beberapa jenis serangga diurnal yang berperan sebagai indikator kualitas lingkungan diantaranya:

a. Ordo Ephemeroptera

Ephemeroptera, atau yang lebih dikenal dengan nama *mayfly*, adalah kelompok serangga yang memiliki fase dewasa yang sangat singkat. Serangga ini biasanya ditemukan di habitat perairan seperti sungai, danau, dan kolam. Ciri khas Ephemeroptera adalah sayap mereka yang lebar dan transparan, dengan dua pasang sayap yang seringkali membentuk sudut yang mencolok saat terbang. Tubuh mereka juga sering kali memiliki ekor panjang yang disebut cerci, yang memberikan kesan elegan.

Pada fase dewasa, *mayfly* hanya bertahan hidup beberapa jam hingga beberapa hari, dan selama waktu tersebut, mereka tidak makan dan hanya fokus pada perkawinan. Larva Ephemeroptera hidup di dasar perairan dan berkembang melalui beberapa tahap sebelum mencapai fase dewasa. Serangga ini sensitif terhadap penurunan kadar oksigen terlarut dan polusi organik. Keberadaan spesies Ephemeroptera yang sensitif (seperti *Baetis* atau *Ephemera*) menandakan air yang bersih dan kaya oksigen.



Gambar 2. 5 Serangga Ephemeroptera

(Sumber: iNaturalist.com)

b. Ordo Plecoptera

Serangga dalam ordo Plecoptera, yang dikenal dengan nama batu capung atau *stonefly*, memiliki ciri khas tubuh ramping dengan dua pasang sayap membranosa yang seringkali lebih lebar di bagian belakang. Mereka biasanya ditemukan di lingkungan perairan yang jernih, seperti sungai atau aliran air yang mengalir cepat. Pada fase larva, batu capung hidup di dasar perairan, dengan tubuh yang sering diselubungi oleh lendir atau kotoran, sebagai perlindungan dari predator. Setelah bermetamorfosis, mereka keluar dari air untuk berkembang menjadi dewasa. Sebagai serangga dewasa, mereka cenderung lebih aktif di malam hari dan memiliki ekor panjang yang menyerupai cerci.

Salah satu ciri khas Plecoptera adalah gaya terbangnya yang agak canggung, serta perilaku yang lebih banyak dipengaruhi oleh kualitas air tempat mereka hidup. Serangga ini sangat sensitif terhadap polusi organik dan perubahan kualitas air. Kehadiran *Stonefly* seperti *Perla* menandakan air yang bersih dan teroksigenasi dengan baik.



Gambar 2. 6 Serangga Plecoptera

(Sumber: wikipedia.com)

c. Ordo Trichoptera

Serangga dalam ordo Trichoptera, yang sering disebut dengan nama *caddisfly*, memiliki penampilan yang khas dengan sayap yang ditutupi oleh rambut halus. Sayap mereka biasanya lebih sempit dan lebih panjang dibandingkan tubuhnya, dan seringkali membentuk posisi seperti atap saat sedang beristirahat. Larva Trichoptera hidup di lingkungan perairan, di mana mereka membangun rumah kecil dari material seperti pasir, kerang, atau tanaman, yang mereka kumpulkan dan ikat dengan benang yang mereka hasilkan sendiri. Rumah ini berfungsi sebagai perlindungan dari predator dan elemen alam. Setelah bermetamorfosis menjadi dewasa, *caddisfly* lebih sering terlihat terbang di sekitar perairan pada malam hari, meskipun beberapa spesies juga aktif pada siang hari. Serangga dewasa tidak makan, karena sistem pencernaannya telah berhenti berkembang setelah metamorfosis.



Gambar 2. 7 Serangga Trichoptera

(Sumber: wikipedia.com)

d. Ordo Odonata

Ordo Odonata adalah kelompok serangga yang mencakup capung dan capung jarum. Istilah “Odonata” berasal dari bahasa Yunani “odus” yang artinya gigi. Ordo ini memiliki ciri-ciri tubuh yang panjang dan ramping, sayap memanjang, sayap depan dan sayap belakang hampir serupa dalam bentuk dan ukurannya. Memiliki antena yang pendek seperti bulu keras. Dan ketika beristirahat ordo ini mengatupkan sayapnya diatas tubuh atau membentangkan sayapnya diatas tubuh (Lilies S., 1991).

Serangga Odonata ini merupakan serangga karnivora dan biasa hidup di habitat yang terdapat sumber air, karena nimfa dari capung ini hidup dan berkembang di perairan, maka dari itu serangga ini dapat menjadi indikator kualitas air yang bersih.



Gambar 2. 8 Serangga Odonata

(Sumber: klikhijau.com)

e. Ordo Coleoptera

Serangga Coleoptera, juga dikenal sebagai kumbang, memiliki tubuh yang keras dan tersegmentasi dengan dua pasang sayap. Sayap depan yang keras, disebut elitra, melindungi sayap belakang yang tipis, yang digunakan untuk terbang. Mulut mereka dirancang untuk menggigit atau mengunyah, dan antena mereka bervariasi dalam bentuk. Hampir di semua habitat, mulai dari hutan, padang rumput, hingga lingkungan air tawar, kumbang melakukan fungsi penting untuk ekosistem, seperti membantu penyerbukan, mendaur ulang bahan organik, atau memangsa serangga. Bervariasi dari beberapa milimeter hingga lebih dari 15 sentimeter, tergantung pada spesiesnya.

Beberapa jenis kumbang, termasuk kumbang air (Dytiscidae) dan kumbang tanah (Carabidae), dapat menunjukkan perubahan dalam kualitas tanah dan air.

Spesies tertentu dari kumbang yang hidup di lingkungan yang tercemar atau terdegradasi akan lebih tahan terhadap polusi daripada spesies yang hidup di lingkungan yang lebih sehat.



Gambar 2. 9 Serangga Coleoptera

(Sumber: earthlife.com)

f. Ordo Hemiptera

Ordo Hemiptera merupakan kelompok serangga yang dikenal sebagai kepik dan tonggeret. Ciri-ciri dari serangga ini memiliki ukuran tubuh yang bermacam, ada yang berukuran kecil dan ada juga yang berukuran besar. Hampir semua spesiesnya memiliki sayap (Lilies S., 1991).

Serangga ini hidup diberbagai habitat, baik di darat maupun di air. Ketika bertelur, serangga ini memiliki kebiasaan yang unik dengan menaruh telur-telurnya dengan menyisipkannya pada jaringan tanaman, namun adapula yang disimpan dalam cekungan tanah yang kemudian ditutup dengan tanah. Pada sebagian spesies ada beberapa yang memiliki alat pertahanan berupa dapat mengeluarkan bau yang tidak sedap (Lilies S., 1991).

Beberapa spesies seperti Gerridae (water striders) atau Nepidae (water scorpions) peka terhadap kekeruhan atau pencemaran air. Mereka dapat menunjukkan perubahan dalam kualitas air seperti peningkatan pencemaran atau kekeruhan.



Gambar 2. 10 Serangga Hemiptera

(Sumber: naturejourneys.com)

g. Ordo Diptera

Ordo Diptera adalah kelompok serangga yang dikenal sebagai nyamuk dan lalat. Diptera berasal dari bahasa Yunani, dimana “di” berarti dua dan “ptera” yang artinya sayap. Ciri-ciri dari ordo ini ialah memiliki 2 sayap (1 pasang), sementara sayap belakang telah bertransformasi menjadi struktur kecil yang disebut halteres yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan saat terbang. Memiliki tubuh yang relatif lunak dengan antena yang pendek serta mengalami metamorfosis sempurna (Lilies S., 1991).

Ordo Diptera bisa ditemukan di lingkungan yang terdapat sumber air atau genangan air. Habitat akuatik ini penting bagi siklus hidup Diptera karena pada siklus larva memerlukan air untuk berkembang sebelum bermetamorfosis menjadi imago atau dewasa. Pada beberapa larva spesies lalat, seperti Chironomidae (midges), dapat berkembang biak di tempat yang tercemar bahan organik. Banyak larva midges menunjukkan pencemaran organik atau kualitas air yang rendah, sedangkan sedikit larva menunjukkan lingkungan yang lebih bersih.



Gambar 2. 12 Serangga Diptera: Nyamuk

(Sumber: kompas.com)



Gambar 2. 11 Serangga Diptera: Lalat

(Sumber: inaturalist.com)

h. Ordo Lepidoptera

Nama Lepidoptera berasal dari bahasa Yunani, dimana “lepid” berarti sisik dan “ptera” berarti sayap. Hewan yang termasuk ke dalam Ordo Lepidoptera adalah kupu-kupu. Ordo ini memiliki ciri-ciri mempunyai 2 pasang sayap, sayap belakang sedikit lebih kecil dibanding sayap depan, sayapnya ditutupi dengan bulu-buku/sisik. Memiliki antena panjang, ramping, dan kadang-kadang plumose (banyak rambut). Larvanya terdiri dari 3 pasang kaki thorakal dan 5 pasang kaki abdominal dan ada yang berbulu juga ada yang tidak berbulu (Lilies S., 1991).

Habitat dari serangga Lepidoptera ini dapat ditemukan di ekosistem hutan, padang rumput, perkebunan, dan taman. Serangga ini juga memiliki peran sebagai penyerbuk yang sangat bermanfaat bagi reproduksi tanaman. Kehadiran atau kehilangan spesies kupu-kupu dan ngengat di sekitar sodetan dapat menunjukkan kualitas vegetasi yang ada. Perubahan dalam jumlah dan keanekaragaman jenis kupu-kupu dapat menunjukkan perubahan dalam kualitas habitatnya.



Gambar 2. 13 Serangga Lepidoptera

(Sumber: amnh.org)

i. Ordo Hymenoptera

Ordo Hymenoptera merupakan salah satu ordo terbesar dari serangga, yang mencakup berbagai spesies semut, lebah, tawon, dan lalat gergaji. Nama Hymenoptera berasal dari bahasa Yunani, dimana “hymen” berarti kulit tipis atau membran dan “ptera” yang berarti sayap.

Ordo ini memiliki ciri-ciri berupa 2 pasang sayap yang bersifat membran, mempunyai antena sedang-panjang. Pada beberapa jenis spesies ruas abdomennya sempit dan memanjang. Pada jenis kelamin betina memiliki ovipositor panjang,

bahkan terkadang lebih panjang dari tubuhnya, sementara pada spesies lain, ovipositornya mengalami modifikasi menjadi alat penyengat (Lilies S., 1991).

Sarang Hymenoptera ini dapat ditemukan di habitat hutan, padang rumput, dan area terbuka lainnya. Keberadaan sarang ini sangat dipengaruhi oleh struktur lanskap dan kualitas lingkungannya, termasuk ketersediaan makanan dan sarang. Contohnya seperti koloni semut yang stabil dapat menunjukkan keseimbangan ekosistem yang baik. Perubahan pola distribusi semut atau ketidakseimbangan spesies dapat menunjukkan perubahan dalam kualitas tanah atau vegetasi.



Gambar 2. 14 Srannga Hymenoptera

(Sumber: hidayatullah.com)

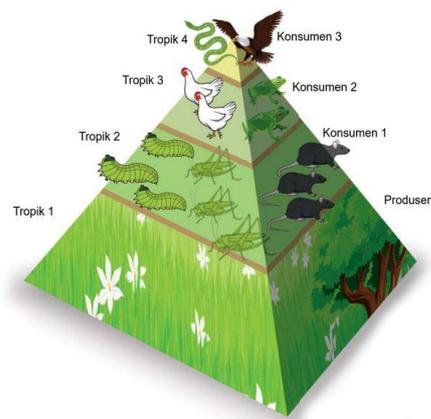
6. Ekosistem

Ekosistem merupakan suatu kesatuan sistem yang berlangsung dalam lingkungan, yang terdiri atas komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (komponen tidak hidup), di mana kedua komponen tersebut saling berinteraksi, saling mempengaruhi, dan saling bergantung untuk mempertahankan keseimbangan, keselarasan, dan kelangsungan hidup. Di dalam ekosistem, terjadi proses pertukaran materi dan aliran energi yang membentuk suatu sistem yang dinamis. Ekosistem mencakup organisme, lingkungan fisik, serta hubungan timbal balik di antara keduanya (Maknun, 2017).

Materi dan energi yang berasal dari komponen abiotik dalam lingkungan akan mengalami proses sirkulasi dan pada akhirnya kembali lagi ke lingkungan abiotik. Dalam proses tersebut, interaksi antara komunitas makhluk hidup dengan lingkungan fisiknya membentuk suatu sistem yang dikenal sebagai ekosistem. Konsep ekosistem sendiri mencakup seluruh bentuk interaksi yang terjadi di

dalam komunitas organisme, serta hubungan antara komunitas tersebut dengan faktor-faktor lingkungan tak hidup yang mendukungnya. Dinamika ekosistem berlangsung melalui keterlibatan berbagai komponen utama yang saling berkaitan. Komponen-komponen ini dapat dianalisis dari dua sudut pandang, yaitu berdasarkan tingkatan trofik (level rantai makanan) dan sisi kehidupan biologis makhluk hidup yang ada di dalamnya (Maknun, 2017).

Dilihat dari aspek tingkat rantai makanan, ekosistem terdiri dari komponen autotrofik (dapat menghasilkan makanan sendiri) dan komponen heterotrofik (tidak dapat menghasilkan makanan sendiri) seperti pada gambar 2. 14 piramida trofik tersebut.



Gambar 2. 15 Piramida Trofik Makanan

(Sumber: detik.com)

Sementara itu, ekologi serangga merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang kehidupan serangga yang berkaitan dengan lingkungannya. Secara umum, habitat atau tempat hidup serangga sangat beragam dan dapat ditemukan hampir di seluruh ekosistem. Beberapa jenis serangga hidup di dalam tanah, sebagian lainnya berada di permukaan tanah, ada pula yang mampu terbang di udara, serta ada yang beradaptasi untuk hidup di lingkungan perairan. Pada dasarnya, serangga memiliki kemampuan untuk tersebar luas di berbagai tempat, khususnya di area yang memiliki tingkat kelembaban tinggi dan vegetasi yang lebat. Berbagai jenis tumbuhan, baik berupa pepohonan maupun semak-semak, menjadi habitat yang paling banyak dihuni oleh serangga. Dalam ekosistem, serangga berperan penting, baik sebagai predator maupun sebagai mangsa, yang keduanya berkontribusi

dalam menjaga rantai makanan. Oleh karena itu, keberlangsungan populasi serangga sangatlah vital bagi kelestarian ekosistem secara keseluruhan (Pramudi *et al.*, 2022).

7. Peran Besar Serangga

Secara terminologi, serangga merupakan kelompok organisme yang termasuk dalam kelas Insekta, yang merupakan bagian dari filum Arthropoda. Dalam ekosistem, serangga memiliki peran yang sangat besar dan tidak dapat digantikan. Peran-peran serangga antara lain adalah sebagai berikut.

a. Polinator

Serangga memiliki peran penting sebagai polinator yang berkontribusi langsung dalam proses penyerbukan tanaman, yang berdampak pada keberhasilan reproduksi dan produktivitas tanaman. Proses penyerbukan terjadi saat serangga mengunjungi bunga untuk mengambil nektar atau serbuk sari, yang secara tidak langsung menyebabkan serbuk sari menempel pada tubuhnya dan kemudian berpindah ke bunga lain sehingga memungkinkan terjadinya pembuahan. Beberapa ordo serangga yang berperan dominan sebagai polinator adalah Hymenoptera (lebah dan tawon), Lepidoptera (Kupu-kupu), serta Diptera (lalat), yang umumnya memiliki ciri tubuh berbulu halus dan dilengkapi dengan sepasang atau dua pasang sayap untuk mempermudah proses penyerbukan. Keberadaan serangga polinator sangat bergantung pada ketersediaan habitat dan keanekaragaman vegetasi (Vanderi *et al.*, 2021).

b. Dekomposer

Serangga pun memiliki peran sebagai dekomposer yang berfungsi membantu proses penguraian bahan organik di alam. Peran ini dilakukan oleh kelompok serangga tertentu, seperti beberapa spesies kumbang dan semut, yang mampu menghancurkan sisa-sisa bahan organik baik di permukaan maupun di dalam tanah. Serangga dekomposer berperan dalam mempercepat proses pembentukan humus dan transformasi nutrisi, sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah dan mempertahankan struktur tanah yang stabil. Kehadiran serangga dekomposer menjadi kunci dalam daur ulang materi di alam, karena mereka berkontribusi langsung terhadap proses pengembalian unsur hara dari bahan organik kembali ke tanah yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Proses ini tidak hanya

mendukung kesuburan tanah, tetapi juga menjaga kelangsungan berbagai organisme lain di dalam ekosistem (Alfianingsih *et al.*, 2022).

c. Predator

Serangga juga berperan penting sebagai predator dalam ekosistem, yaitu sebagai pengendali populasi organisme lain, khususnya hama atau serangga yang bersifat merugikan. Keberadaan serangga predator mampu menjaga keseimbangan ekosistem dengan memangsa serangga herbivora atau spesies lain yang berpotensi menyebabkan ledakan populasi. Beberapa kelompok serangga, seperti famili Coccinellidae (kumbang koxsi) dan Libellulidae (Capung), diketahui memiliki peran sebagai predator alami yang memangsa berbagai jenis serangga kecil seperti kutu daun, serangga lunak, dan larva serangga lainnya. Peran ini tidak hanya berkontribusi pada kestabilan populasi serangga di alam, tetapi juga mendukung sistem pertanian berkelanjutan karena mampu menekan populasi hama tanpa harus bergantung pada penggunaan pestisida kimia. Dengan demikian, kehadiran serangga predator menjadi indikator penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kesehatan lingkungan (Alfianingsih *et al.*, 2022).

d. Parasitoid

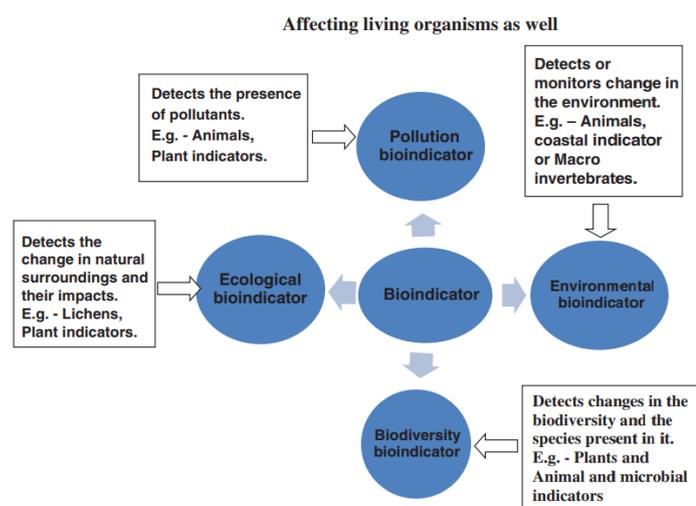
Selain itu serangga juga memiliki peran sebagai parasitoid dalam ekosistem, yaitu organisme yang memanfaatkan tubuh inang untuk tempat berkembangnya larva hingga akhirnya menyebabkan kematian inang tersebut. Peran ini sangat penting dalam pengendalian populasi serangga lain secara alami, khususnya yang tergolong ke dalam hama pertanian. Kelompok serangga dari Hymenoptera, seperti famili Macromiidae dan Formicidae, banyak memiliki spesies parasitoid yang berkontribusi besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Diperkirakan sekitar 80% spesies dari ordo Hymenoptera yang ada di alam merupakan parasitoid yang efektif dalam menekan populasi serangga inang. Mekanisme kerja parasitoid umumnya dimulai dengan meletakkan telur pada tubuh inang, dan setelah menetas, larva akan memakan bagian dalam tubuh inang secara perlahan hingga inang mati. Peran ini tidak hanya mendukung keseimbangan ekosistem alami tetapi juga memiliki potensi besar dalam penerapan pengendalian hayati yang ramah lingkungan dalam sektor pertanian (Alfianingsih *et al.*, 2022).

8. Bioindikator

Bioindikator merupakan sekelompok atau komunitas organisme yang memiliki hubungan saling terkait satu sama lain. Keberadaan, pola perilaku, atau karakteristik mereka sangat bergantung pada kondisi tertentu dari suatu lingkungan. Karena keterkaitan yang erat ini, bioindikator dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk memberikan gambaran tentang kualitas suatu lingkungan. Selain itu, organisme ini juga digunakan untuk melakukan pengujian secara kuantitatif guna mengukur tingkat kesehatan atau perubahan yang terjadi di lingkungan tersebut (Setyono & Soetarto, 2008).

Bioindikator adalah makhluk yang diamati penampakkannya untuk dipakai sebagai petunjuk tentang keadaan kondisi lingkungan dan sumber daya pada habitatnya. Di alam terdapat banya hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme yang peka dan ada pula yang tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Organisme yang peka akan mati karena pencemaran dan organisme yang tahan akan tetap hidup. Organisme yang dapat dijadikan petunjuk pencemaran dikenal sebagai indikator biologis (Husamah & Rahardjanto, 2019).

Menurut Parmar *et al.*, (2016) berdasarkan pengaruh yang dapat dirasakan organisme, bioindikator dibagi menjadi empat sebagaimana yang terdapat pada Gambar 11, dengan uraian sebagai berikut:



Gambar 2. 16 Peran Bioindikator

(Sumber: (Husamah & Rahardjanto, 2019))

- a. Bioindikator Polusi: Bioindikator polusi merupakan spesies yang diketahui sensitif terhadap polusi atau mampu mendeteksi polutan dikenal sebagai bioindikator polusi.
- b. Bioindikator Lingkungan: Spesies atau kelompok yang menanggapi gangguan atau perubahan lingkungan disebut bioindikator lingkungan (contohnya sentinel, detector, penghisap, akumulator, dan organisme bioassay). Sistem indikator lingkungan adalah serangkaian indikator yang bertujuan untuk mendiagnosis keadaan lingkungan untuk pembuatan kebijakan lingkungan.
- c. Bioindikator Ekologi: Bioindikator ekologi adalah spesies sensitif terhadap tekanan lingkungan, seperti fragmentasi habitat, yang dapat mendeteksi perubahan dan dampaknya, serta mewakili respons komunitas.
- d. Bioindikator Keanekaragaman Hayati: Kekayaan spesies takson indikator digunakan untuk menggambarkan kekayaan spesies komunitas, yang kini mencakup parameter keanekaragaman hayati seperti endemisme, genetika, populasi, dan lanskap.

Salah satu hewan yang dapat menjadi bioindikator ialah serangga, karena memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kualitas lingkungan dan degradasi habitat. Keberadaan dan komposisi komunitas serangga pada suatu habitat dapat mencerminkan kondisi lingkungan setempat, baik yang mengalami gangguan rendah maupun tinggi. Jenis-jenis serangga tertentu dikategorikan sebagai spesies spesialis yang hanya ditemukan pada habitat dengan kualitas lingkungan yang baik, sedangkan spesies generalis mampu bertahan di berbagai kondisi lingkungan, termasuk pada habitat yang telah terganggu (Taradipha *et al.*, 2018).

Perbedaan respon serangga terhadap faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, struktur vegetasi, intensitas cahaya, dan tingkat pencemaran udara, menjadikan serangga sebagai indikator biologis yang efektif untuk memantau kesehatan lingkungan. Keberadaan spesies seperti *Digitonthopagus sp.*, *Polyrhachis sp.*, dan *Eurema sp.* mengindikasikan habitat dengan tingkat gangguan rendah, sementara *Onthopagus sp.*, *Oreogeton sp.*, dan *Trilophidia sp.* merupakan indikator habitat dengan tingkat gangguan tinggi. Oleh karena itu, pemanfaatan serangga sebagai bioindikator menjadi strategi penting dalam upaya

pemantauan dan pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan (Taradipha *et al.*, 2018)

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kajian atau studi yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian yang sedang dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut berperan penting sebagai landasan teoritis maupun praktis yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam merancang, melaksanakan serta mengalisis penelitian saat ini.

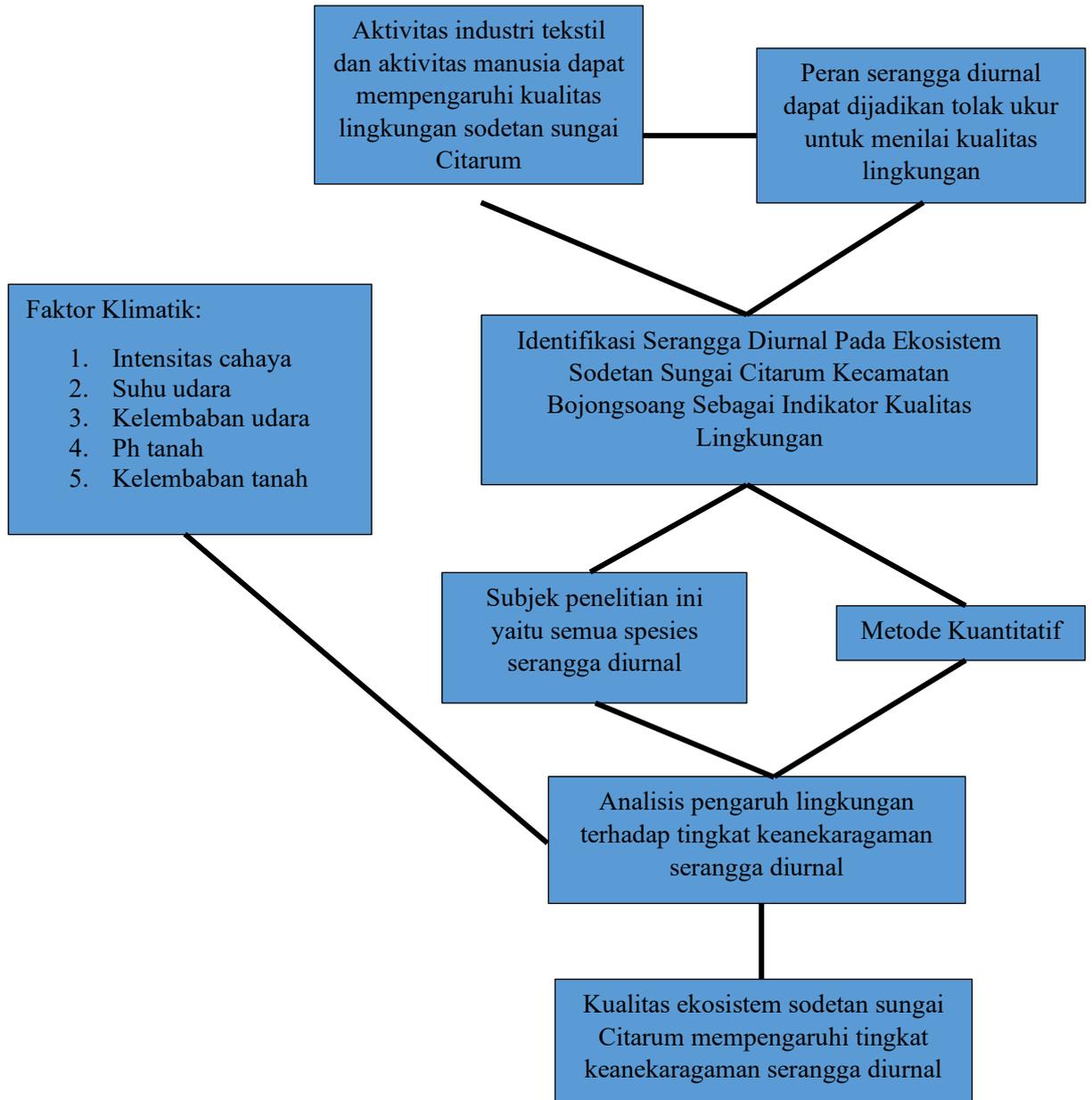
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1.	Endik Deni Nugroho, Dwi Anggorowati Rahayu, Roisatul Ainiyah, Amang Fathurrohman, Zainul Ahwan, Muhammad Dayat, Mulyono Wibisono, Fafit Rahmat Aji, Kasiman & Khoirul Anam (2021)	Keanekaragaman Serangga Diurnal dan Nokturnal pada Hutan Taman Kehati Sopen Nusantara di Kabupaten Pasuruan	Hutan Taman Kehati Sopen Nusantara di Kabupaten Pasuruan	Pencuplikan spesimen dilakukan dengan teknik jelajah, dengan menggunakan metode teknik tangkap langsung (<i>direct sweeping</i>) dan teknik jebakan (<i>trapping</i>). Penelitian dilakukan pada pukul 08.00 hingga 16.00 untuk pengambilan serangga diurnal dan pukul 18.00 hingga 23.00 untuk serangga nokturnal.	Ditemukan 208 individu serangga diurnal, yang terdiri dari 6 ordo, 10 famili, dan 20 spesies, dengan indeks keanekaragaman yang bernilai 2,363. Sedangkan serangga nokturnal ditemukan 136 individu, yang terdiri dari 5 ordo, 8 famili, dan 15 spesies, dengan indeks keanekaragaman bernilai 2,410. Nilai indeks keanekaragaman tersebut menunjukkan bahwa masing- masing serangga tersebut berkategori sedang. Sementara untuk indeks

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
					kemerataan serangga diurnal menunjukkan nilai 0,8, sedangkang indeks kemerataan serangga nokturnal bernilai 0,9. Nilai indeks kemerataan masing-masing serangga tersebut menunjukkan kategori tinggi.
2.	Fia Alfianingsih, Dirhamzah, & Nurindah (2022)	Identifikasi Serangga Diurnal di Kawasan Hutan Topidi, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan	Hutan Topidi, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan	Penelitian tersebut menggunakan jenis penelitian kualitatif dan menggunakan metode <i>yellow pan trap</i> . Pencuplikan dilakukan pada tiga plot dalam tiga titik pengamatan yang dilakukan pada pukul 08.00 hingga 15.00 WITA.	Berdasarkan hasil penelitian tersebut, serangga diurnal yang berhasil diidentifikasi berjumlah 8 spesies, 5 famili, dan 4 ordo. Serangga yang ditemukan memiliki perannya masing-masing dalam ekosistem, diantaranya sebagai dekomposer, polinator, predator, dan parasitoid.
3.	Deni Elisabeth, Jafron W.Hidayat, & Udi Tarwotjo (2021)	Kelimpahan dan Keanekaragaman Serangga pada Sawah Organik dan Konvensional di Sekitar Rawa Pening	Lahan Sawah di Rawa Pening, Banyubiru, Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Semarang	Penelitian ini menggunakan metode <i>sweep net</i> (perangkap jaring) untuk menangkap serangga yang aktif pada siang hari. Penangkapan serangga	Jenis serangga yang dominan ditemukan baik pada sawah organik maupun sawah konvensional berasal dari ordo Mantodea, pada sawah organik ditemukan jenis serangga

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
				dilakukan dengan mengayunkan tiga kali mengelilingi petak sawah.	<p><i>Archimantis</i> (40,3%), <i>Leptosia</i> (5,76%), <i>Kosciuscola</i> (5,76%), <i>Oxya</i> dan <i>Pantala</i> (5,76%).</p> <p>Sementara pada sawah konvensional ditemukan jenis <i>Archimantis</i> (28,2%), <i>Kosciuscola</i> (13,0%), <i>Conocephalus</i> (6,52%), <i>Axion</i>, <i>Pantala</i>, <i>Acisoma</i>, dan <i>Leptocorisa</i> (6,52%). Indeks keanekaragaman serangga pada sawah organik mencapai 2,04 dan pada sawah konvensional mencapai 2,40. Keanekaragaman serangga pada sawah konvensional memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan sawah organik, hal tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor klimatik.</p>

C. Kerangka Berpikir



D. Implementasi Pada Pembelajaran

Penelitian ini tentang keanekaragaman serangga diurnal pada ekosistem sodetan Sungai Citarum untuk memberikan wawasan penting tentang peran penting serangga sebagai indikator kualitas lingkungan. Hasil ini menunjukkan bahwa serangga diurnal mampu menjadi bioindikator dalam suatu ekosistem untuk melihat seberapa baik kualitas lingkungan tersebut. Penelitian ini relevan dimasukkan dalam Kompetensi Dasar (KD) 3.10 yang membahas tentang ekosistem. Hal ini menyoroti pentingnya penggunaan serangga diurnal dalam memantau tingkat kualitas lingkungan.