

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

Bagian ini memuat teori-teori utama yang menjadi dasar dalam penelitian, termasuk konsep keterampilan relevansi, literasi digital, *Internet of Things* (IoT), dan *Digital Habits of Mind*. Kajian teori disusun untuk memperkuat landasan konseptual serta mendukung perumusan kerangka berpikir dan analisis data. Pembahasan diawali dengan uraian mengenai keterampilan relevansi sebagai fokus utama penelitian ini.

1. Keterampilan Relevansi

Keterampilan relevansi merupakan salah satu aspek fundamental dalam literasi digital, yang menekankan kemampuan kritis untuk mengevaluasi kesesuaian, kedalaman, dan aplikasi praktis informasi digital terhadap kebutuhan pembelajaran. Dalam konteks era informasi yang semakin kompleks, keterampilan ini menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa informasi yang digunakan tidak hanya akurat tetapi juga relevan dengan tujuan pembelajaran atau penelitian (Setiawan, 2020; Yuliana *et al.*, 2024).

a. Konsep Literasi Digital

Menurut Gilster (1997), literasi digital mencakup kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, dan menggunakan informasi secara efektif. Salah satu elemen kunci dalam literasi digital adalah kemampuan untuk menilai relevansi informasi. Hal ini mencakup kemampuan untuk memilah informasi yang sesuai dengan kebutuhan spesifik pengguna, baik dari segi konten maupun konteks penerapan. Lebih lanjut, Greene *et al.* (2014) menambahkan bahwa evaluasi mendalam terhadap informasi merupakan komponen utama literasi digital sebelum informasi tersebut diterapkan dalam proses pembelajaran.

Dalam konteks pendidikan, keterampilan relevansi menjadi semakin penting karena peserta didik sering kali dihadapkan pada banjir informasi digital

yang tidak semuanya kredibel atau relevan. Tanpa keterampilan ini, peserta didik berisiko terpapar informasi yang salah atau tidak memadai untuk mendukung pemahaman mereka terhadap suatu topik (Rahmawati *et al.*, 2021; Setiawan, 2020)

b. Dimensi Keterampilan Relevansi

Keterampilan relevansi dapat diuraikan ke dalam tiga dimensi utama: kesesuaian informasi dengan topik, kedalaman pembahasan, dan aplikasi praktis. Berikut adalah penjelasan rinci setiap dimensi:

1) Kesesuaian informasi dengan topik

Dimensi ini mengacu pada kemampuan peserta didik untuk memastikan bahwa informasi yang diperoleh memiliki hubungan langsung dengan topik atau permasalahan yang sedang dikaji. Informasi yang relevan harus menjawab pertanyaan penelitian atau mendukung tujuan pembelajaran secara spesifik (Gündüzalp, 2021). Evaluasi kesesuaian melibatkan analisis kritis terhadap sumber dan konten informasi untuk menentukan apakah informasi tersebut mendukung argumen atau penyelesaian masalah.

Sebagai contoh, peserta didik menggunakan kata kunci pencarian spesifik untuk menemukan artikel ilmiah yang sesuai dengan topik penelitian mereka. Mereka juga perlu membandingkan isi artikel tersebut dengan tujuan pembelajaran untuk memastikan relevansinya (Eshet-Alkalai, 2004).

2) Kedalaman pembahasan

Kedalaman pembahasan mencakup evaluasi terhadap sejauh mana informasi memberikan rincian dan wawasan yang memadai untuk memahami suatu topik secara menyeluruh. Informasi yang dangkal atau terlalu umum sering kali tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran tertentu (Kuhlthau, 2004; Muhammadiyah *et al.*, 2021).

Peserta didik perlu mengidentifikasi apakah sumber informasi memberikan data empiris, analisis mendalam, atau perspektif baru yang dapat memperkaya pemahaman mereka terhadap suatu isu. Misalnya, dalam pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) pada materi peranan serangga dalam ekosistem, peserta didik dapat mengevaluasi apakah data dari perangkat IoT memberikan detail

tentang komponen peranan serangga dalam ekosistem. (Rahmawati *et al.*, 2021; Zhu *et al.*, 2018).

3) Aplikasi praktis

Dimensi ini berfokus pada kemampuan peserta didik untuk mengidentifikasi apakah informasi tersebut dapat diterapkan dalam konteks nyata. Hal ini mencakup kemampuan berpikir kritis dalam menghubungkan informasi dengan situasi spesifik, baik untuk memecahkan masalah maupun mengembangkan solusi berbasis bukti (Costa & Kallick, 2009b; Marín & Castañeda, 2023).

Misalnya, peserta didik dapat menggunakan data sensor IoT untuk mengidentifikasi menurunnya populasi serangga penyerbuk di kebun sekolah dan merancang langkah-langkah konservasi, seperti menanam tumbuhan berbunga atau mengurangi penggunaan pestisida kimia (Costa & Kallick, 2009b; Marín & Castañeda, 2023). Kemampuan ini membutuhkan penalaran kritis dan kreativitas dalam mengaitkan pengetahuan peranan serangga dalam ekosistem dengan tindakan konkret yang berdampak pada lingkungan sekitar (Knobel & Lankshear, 2022; Ng, 2012).

c. Pentingnya Keterampilan Relevansi dalam Era Digital

Di era digital saat ini, keterampilan relevansi menjadi semakin krusial karena:

- 1) Informasi tersedia dalam jumlah besar namun tidak semuanya kredibel.
- 2) Peserta didik perlu memilah informasi berdasarkan kebutuhan spesifik mereka.
- 3) Informasi yang tidak relevan dapat menghambat proses pembelajaran dan pengambilan keputusan berbasis bukti (Setiawan, 2020; Warschauer & Matuchniak, 2010; Yuliana *et al.*, 2024).

Penerapan teknologi seperti IoT dalam pendidikan juga memberikan peluang baru bagi peserta didik untuk meningkatkan keterampilan relevansi. Dengan akses ke data *real-time* melalui perangkat IoT, peserta didik dapat belajar mengevaluasi kesesuaian dan kedalaman data secara langsung serta menerapkannya dalam konteks nyata (Rahmawati *et al.*, 2021; van Laar *et al.*, 2017).

2. *Internet of Things* (IoT) dalam Pendidikan

Internet of Things (IoT) adalah jaringan perangkat yang saling terhubung untuk mengumpulkan, berbagi, dan menganalisis data secara *real-time* (Gubbi *et al.*, 2013). Dalam konteks pendidikan, IoT menawarkan peluang untuk menciptakan pembelajaran yang lebih dinamis dan interaktif (Abd-Ali *et al.*, 2020). Menurut Yinka & Chidinma (2024) penggunaan IoT dalam pendidikan dapat membantu peserta didik dalam beberapa cara, terutama dalam meningkatkan keterampilan relevansi informasi digital.

a. Mengakses Data *Real-Time* dari perangkat IoT

Peserta didik dapat memperoleh informasi langsung dari perangkat IoT seperti sensor lingkungan, kamera, atau perangkat lain yang relevan dengan materi pembelajaran (Gubbi *et al.*, 2013). Hal ini memungkinkan mereka untuk memahami konsep secara lebih langsung dan kontekstual. Dalam konteks keterampilan relevansi, peserta didik perlu menilai kesesuaian data yang diperoleh dengan topik atau pertanyaan penelitian mereka. Mereka harus mampu membandingkan data dengan tujuan pembelajaran dan menentukan relevansinya (Setiawan, 2020).

b. Mengintegrasikan Berbagai Sumber Informasi Digital

Teknologi IoT memungkinkan peserta didik menggabungkan data dari berbagai sumber untuk memperkaya pembelajaran mereka (Banica *et al.*, 2017). Dengan mengintegrasikan data ini, peserta didik dapat memperoleh gambaran yang lebih komprehensif tentang topik yang sedang dipelajari. Dalam hal keterampilan relevansi, integrasi ini membantu peserta didik mengevaluasi kedalaman pembahasan informasi. Mereka perlu menilai sejauh mana informasi tersebut memberikan rincian yang memadai dan wawasan yang mendalam untuk mendukung pemahaman mereka terhadap suatu isu (Kuhlthau, 2004; Muhammadiyah *et al.*, 2021).

c. Melakukan Analisis Data

Peserta didik dapat memanfaatkan data yang diperoleh untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti dan menyelesaikan masalah yang kompleks (Alandjani & Pervez, 2018). Dalam konteks keterampilan relevansi, analisis ini berfokus pada kemampuan peserta didik untuk menilai aplikasi praktis dari informasi digital. Mereka harus dapat mengidentifikasi apakah informasi tersebut

dapat diterapkan dalam konteks nyata, baik untuk memecahkan masalah maupun mengembangkan solusi berbasis bukti (Costa & Kallick, 2009a; Marín & Castañeda, 2023)

Dalam pembelajaran berbasis materi peranan serangga dalam ekosistem, teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat dimanfaatkan untuk mengamati aktivitas dan peran ekologis berbagai jenis serangga secara *real-time*. Perangkat IoT seperti sensor suhu, kelembaban, intensitas cahaya, serta kamera pemantau memungkinkan peserta didik mengamati secara langsung perilaku serangga seperti lebah, semut, kupu-kupu, atau serangga detritivor dalam habitat aslinya. Penggunaan IoT ini memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan autentik karena siswa dapat menganalisis data yang mencerminkan dinamika populasi dan peran ekologis serangga di lingkungan sekitar (Stoica *et al.*, 2018).

Misalnya, dalam pembelajaran tentang pentingnya polinasi, peserta didik dapat menggunakan kamera dan sensor IoT untuk mengamati aktivitas lebah pada tanaman berbunga dan mencatat frekuensi kunjungan mereka terhadap bunga tertentu. Selain itu, siswa juga dapat menganalisis hubungan antara suhu atau kelembaban lingkungan dengan aktivitas serangga penyerbuk. Hal ini membantu mereka memahami keterkaitan antara faktor abiotik dan keberlangsungan peran penting serangga dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Elisabeth *et al.*, 2021). Integrasi IoT dalam pembelajaran ini melatih keterampilan analisis data, berpikir kritis, dan pemecahan masalah berbasis bukti melalui konteks nyata dan lokal yang melibatkan serangga sebagai indikator ekologis.

3. Media Pembelajaran Berbasis *Internet of Things* (IoT)

a. Definisi

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang merujuk pada jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet untuk mengumpulkan dan bertukar data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung. Menurut Gubbi *et al.* (2013), IoT adalah paradigma yang memungkinkan objek fisik dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan konektivitas untuk saling bertukar informasi, yang kemudian digunakan untuk pengambilan keputusan secara otomatis. Dalam konteks pendidikan, media pembelajaran berbasis IoT adalah

penggunaan perangkat-perangkat tersebut sebagai sarana bantu dalam proses pembelajaran, memungkinkan siswa dan guru untuk mengakses data secara real-time serta meningkatkan interaktivitas pembelajaran.

b. Manfaat

Pemanfaatan IoT dalam pembelajaran membawa berbagai manfaat signifikan. Salah satunya adalah peningkatan efektivitas dan efisiensi proses pembelajaran. Dengan perangkat yang mampu memantau lingkungan atau objek secara langsung, siswa dapat memperoleh pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan berbasis data nyata (Atzori *et al.*, 2010). Selain itu, guru dapat mengontrol proses pembelajaran secara lebih adaptif, misalnya dengan memanfaatkan dashboard pemantauan melalui aplikasi seperti Blynk. IoT juga mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, literasi digital, serta kemampuan analitis terhadap data (Rouf & Raja, 2024).

c. Sejarah

Konsep *Internet of Things* (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999, seorang peneliti di Auto-ID Center, *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Ashton mencetuskan istilah “*Internet of Things*” dalam sebuah presentasi untuk menjelaskan bagaimana teknologi sensor dan jaringan internet dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi rantai pasokan *Procter & Gamble*, perusahaan tempat ia bekerja saat itu (Mphale *et al.*, 2024). Ashton mengusulkan bahwa perangkat fisik, seperti produk di toko, dapat diberi tag RFID (*Radio Frequency Identification*) dan terhubung ke internet untuk memantau data secara otomatis dan real-time tanpa memerlukan intervensi manusia (Dhinakaran, 2021)

Walaupun istilah ini baru populer di akhir 1990-an, akar dari teknologi IoT sudah dapat ditelusuri ke perkembangan komputer mikro pada dekade 1970-an dan munculnya jaringan komputer pada 1980-an. Perangkat pertama yang dikenal sebagai pionir IoT adalah mesin *Coca-Cola* yang dimodifikasi oleh mahasiswa *Carnegie Mellon University* pada awal 1980-an. Mesin ini dikoneksikan ke internet dan mampu melaporkan ketersediaan serta suhu minuman secara otomatis,

sehingga mahasiswa dapat memantau sebelum berjalan ke mesin tersebut (Dhinakaran, 2021).

Memasuki awal abad ke-21, perkembangan teknologi sensor, sistem tertanam (*embedded systems*), jaringan nirkabel (seperti Wi-Fi dan Zigbee), serta komputasi awan (*cloud computing*) semakin memperkuat fondasi IoT. Tahun 2008 dianggap sebagai titik balik IoT karena pada tahun tersebut jumlah perangkat yang terhubung ke internet melebihi jumlah populasi manusia di dunia. Hal ini menandai transisi besar dari internet yang awalnya hanya menghubungkan manusia, menjadi internet yang juga menghubungkan benda-benda fisik (Mphale *et al.*, 2024).

Dalam dunia pendidikan, pemanfaatan IoT mulai berkembang secara signifikan setelah tersedianya platform pengembangan terbuka seperti Arduino (2005), Raspberry Pi (2012), dan ESP8266 (2014) yang memungkinkan guru dan siswa untuk merancang sistem berbasis IoT secara mandiri dan hemat biaya. Perkembangan ini sejalan dengan munculnya paradigma *Education 4.0*, yang menekankan pentingnya penguasaan teknologi digital dan analitik data dalam proses pembelajaran. Sejak saat itu, IoT mulai digunakan sebagai media pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan literasi digital, pemrograman, dan analisis lingkungan secara langsung dalam kegiatan belajar mengajar (Rouf & Raja, 2024).

Secara keseluruhan, sejarah perkembangan IoT mencerminkan pergeseran paradigma dari internet sebagai media komunikasi manusia menjadi sarana pengelolaan informasi antar objek. Hal ini membuka peluang besar bagi dunia pendidikan untuk mengintegrasikan teknologi ini ke dalam pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), STEM, dan pendidikan abad ke-21.

d. Cara Menggunakan *Internet of Things* (IoT)

Penggunaan IoT dalam pembelajaran umumnya dimulai dengan menentukan kebutuhan pengumpulan data dari objek nyata, seperti suhu, kelembaban, atau gerakan. Setelah itu, perangkat keras seperti sensor dan mikrokontroler dihubungkan dan diprogram untuk mengirimkan data ke *platform*

digital. Dalam pendidikan, data tersebut ditampilkan melalui antarmuka visual (GUI) menggunakan aplikasi seperti Blynk IoT. Peserta didik dapat mengakses data tersebut melalui perangkat seperti *smartphone* atau komputer untuk dianalisis dan digunakan dalam pembelajaran kontekstual.

e. Fitur-fitur *Internet of Things* (IoT)

Fitur utama dari IoT dalam pendidikan adalah integrasi antara *hardware* dan *software*, sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian objek secara *real-time*. Dalam penggunaannya, media pembelajaran berbasis IoT umumnya terdiri dari dua elemen utama, yaitu material perangkat IoT dan aplikasi pemantau data seperti Blynk IoT.

1) Material Perangkat IoT

Dalam menunjang kegiatan pembelajaran berbasis lingkungan dan teknologi, pemanfaatan perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi alternatif inovatif yang memungkinkan pengambilan data lingkungan secara langsung, akurat, dan *real-time*. IoT memungkinkan perangkat fisik seperti sensor dan kamera untuk terhubung melalui jaringan internet dan berfungsi secara otomatis dalam mengamati parameter-parameter lingkungan tertentu. Dalam konteks penelitian ini, perangkat IoT dirancang secara sederhana namun fungsional untuk mengumpulkan data yang relevan dengan pertumbuhan tanaman, seperti kelembaban tanah, suhu, intensitas cahaya, serta dokumentasi visual. Material perangkat IoT yang digunakan terdiri atas komponen-komponen utama berikut.

b) Komponen Alat IoT



Gambar 2. 1 Alat *Internet of Things* (IoT) yang Terdiri Dari: (1) Sensor Kelembaban Tanah, (2) Sensor Suhu, (3) Sensor Intensitas Cahaya, dan (4) Kamera Sensor.

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 2. 2 Sensor Kamera Alat *Internet of Things* (IoT)

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Berdasarkan gambar 2.1 dan 2.2, komponen alat *Internet of Things* (IoT) dalam penelitian ini dirancang untuk memantau kondisi lingkungan tumbuh tanaman secara digital dan *real-time*. Perangkat ini terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terhubung dan dapat mengirimkan data melalui koneksi hotspot. Adapun komponen-komponen yang digunakan meliputi:

(1) Sensor Kelembaban Tanah

Berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban dalam media tanam. Data dari sensor ini digunakan untuk menentukan apakah tanah dalam kondisi kering atau lembab, sehingga dapat menjadi dasar keputusan penyiraman tanaman

(2) Sensor Suhu

Digunakan untuk mengukur suhu lingkungan di sekitar tanaman. Informasi suhu penting untuk mengetahui kondisi iklimat yang memengaruhi pertumbuhan tanaman.

(3) Sensor Intensitas Cahaya

Berfungsi untuk mendeteksi jumlah cahaya yang diterima tanaman. Sensor ini membantu mengidentifikasi apakah tanaman mendapatkan pencahayaan yang cukup untuk proses fotosintesis.

(4) Kamera Sensor

Kamera berfungsi sebagai alat dokumentasi visual yang dapat merekam kondisi tanaman dari waktu ke waktu. Gambar yang diambil dapat digunakan untuk observasi visual terhadap perubahan morfologi tanaman maupun indikasi gangguan pertumbuhan.

c) Langkah-Langkah Penggunaan Alat *Internet of Things* (IoT)

Penggunaan alat IoT dalam kegiatan pembelajaran berbasis lingkungan dilakukan melalui tahapan implementasi langsung di lapangan. Alat ini bekerja secara otomatis setelah diaktifkan dan terhubung dengan jaringan internet melalui *hotspot* dari *handphone*. Langkah-langkah penggunaannya dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Pengaktifan Alat *Internet of Things* (IoT)

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

(1) Pengaktifan Alat dan Koneksi ke *Hotspot*

Sebelum alat IoT diaktifkan, pengguna terlebih dahulu menyalakan hotspot pada handphone dan memastikan bahwa nama serta sandi *hotspot* sesuai dengan yang telah diprogramkan dalam perangkat. Setelah *hotspot* aktif, alat dihubungkan ke *powerbank* atau *laptop* menggunakan kabel USB untuk mengalirkan daya dan mengaktifkan sistem. Begitu mendapatkan suplai daya, alat secara otomatis akan mencari koneksi hotspot dan tersambung ke jaringan internet yang tersedia. Proses ini menandai awal beroperasinya alat, yang kemudian mulai membaca dan mengirimkan data sensor secara berkala.

(2) Penempatan Sensor pada Lokasi Pemantauan



Gambar 2. 4 Penempatan Alat *Internet of Things* (IoT)

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

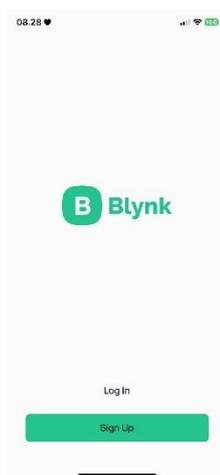
Sensor kelembaban tanah ditancapkan secara vertikal ke dalam media tanam pada kedalaman yang cukup untuk mendeteksi kadar air di sekitar akar tanaman. Sensor suhu diletakkan di area terbuka yang mencerminkan suhu udara sekitar, sedangkan sensor intensitas cahaya diarahkan ke atas agar dapat menangkap pencahayaan alami yang diterima tanaman secara maksimal.

2) Aplikasi Blynk IoT

Blynk IoT merupakan aplikasi *mobile* berbasis IoT yang memudahkan pengguna dalam membuat antarmuka pengguna (User Interface) untuk memantau dan mengendalikan perangkat dari jarak jauh. Aplikasi ini bersifat kompatibel dengan berbagai jenis mikrokontroler dan sensor, serta menyediakan tampilan visual yang intuitif.

a) Halaman Depan

Setelah aplikasi Blynk IoT diinstal melalui *Play Store* atau *App Store*, pengguna akan disambut dengan halaman pembuka utama. Pada tahap ini, peserta didik tidak diwajibkan untuk membuat akun pribadi karena proses login akan langsung diarahkan oleh guru menggunakan akun yang sudah tersedia.



Gambar 2. 5 Halaman Depan Aplikasi Blynk IoT

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

b) Menu Masuk (*Login Page*)

Setelah aplikasi Blynk berhasil diinstal, guru akan mengarahkan peserta didik untuk membuka aplikasi tersebut. Tidak perlu membuat akun secara individu, sebab guru telah menyiapkan akun yang nantinya dibagikan kepada masing-masing siswa untuk langsung digunakan dalam proses pembelajaran.

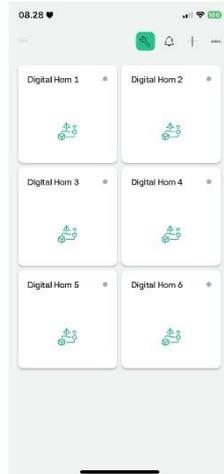


Gambar 2. 6 Menu Masuk (Login Page) Aplikasi Blynk IoT

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

c) Bar Proyek Perangkat IoT

Bar perangkat pada aplikasi Blynk menyediakan daftar ruang atau *rooms* yang mewakili berbagai proyek atau perangkat IoT yang telah terhubung. Setiap ruang mencerminkan proyek tertentu dan memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengakses, mengelola, serta memantau perangkat berdasarkan fungsi dan tujuannya secara terpisah.



Gambar 2. 7 Bar Proyek Aplikasi Blynk IoT

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

d) *Monitoring Panel*

Halaman pemantauan atau monitoring merupakan fitur utama yang menampilkan informasi secara langsung dari perangkat yang terhubung. Data seperti temperatur, kelembaban, atau status sensor ditampilkan secara *real-time*, memungkinkan siswa untuk melakukan observasi serta intervensi jika diperlukan, sehingga pembelajaran menjadi lebih berbasis data dan aktual.



Gambar 2. 8 Monitoring Panel Aplikasi Blynk IoT

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

e) Pengaturan Tampilan (*Customize*)

Fitur penyesuaian pada aplikasi Blynk memberi keleluasaan bagi pengguna untuk menata tampilan antarmuka proyek sesuai kebutuhan. Pengguna dapat menambahkan atau mengatur berbagai komponen seperti tombol digital, grafik visual, atau penggeser, agar penggunaan perangkat menjadi lebih intuitif dan mendukung efektivitas proses pembelajaran yang dirancang.



Gambar 2. 9 Pengaturan Tampilan (*Customize*) Aplikasi Blynk IoT

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

f. Pemanfaatan IoT dalam Pembelajaran

Pemanfaatan IoT dalam pembelajaran telah banyak dikembangkan dalam konteks STEM dan sains digital. Misalnya, peserta didik dapat menggunakan sensor untuk mengamati siklus hidup serangga dalam suhu dan kelembaban yang dikendalikan, kemudian menganalisis data tersebut untuk memahami faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan hewan. Selain itu, guru dapat memberikan tantangan berbasis proyek (*project-based learning*) yang mendorong peserta didik untuk merancang sistem pemantauan sederhana menggunakan IoT untuk keperluan ekologis, seperti monitoring kualitas udara, suhu habitat, atau pergerakan serangga. Hal ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep biologis tetapi juga literasi teknologi peserta didik (Al-Fuqaha *et al.*, 2015; Aripin & Putri, 2021; Imaduddin *et al.*, 2021)

g. Kelebihan dan Kekurangan IoT

Kelebihan utama dari penerapan IoT dalam pembelajaran adalah kemampuannya menyediakan data secara *real-time*, meningkatkan motivasi belajar siswa, serta mendorong penerapan pembelajaran berbasis data dan teknologi. Siswa menjadi lebih aktif karena dapat berinteraksi langsung dengan perangkat serta melihat dampak dari pengaturan atau perlakuan yang mereka lakukan terhadap sistem yang diamati (Al-Fuqaha *et al.*, 2015; Sahid *et al.*, 2024)

Namun demikian, terdapat pula beberapa kekurangan. Di antaranya adalah kebutuhan akan koneksi internet yang stabil, keterampilan teknis awal yang cukup tinggi bagi guru dan siswa, serta potensi masalah privasi dan keamanan data apabila tidak dikelola secara tepat. Oleh karena itu, penting untuk menyediakan pelatihan dan panduan teknis yang memadai agar pemanfaatan IoT dapat dilakukan secara efektif di dalam kelas.

4. *Digital Habits of Mind* (HoM)

Digital Habits of Mind (HoM) adalah kerangka berpikir yang dirancang untuk membantu peserta didik mengembangkan kebiasaan berpikir kritis, analitis, dan reflektif dalam era digital (Costa & Kallick, 2009). *Digital Habits of Mind* (Digital HoM) bukan hanya sekadar daftar keterampilan, tetapi merupakan disposisi atau kecenderungan untuk menggunakan akal sehat dan kecerdasan secara efektif ketika menghadapi masalah atau tantangan (Costa & Kallick, 2009a). Salah satu indikator penting dalam *Digital Habits of Mind* (HoM) adalah keterampilan relevansi (indikator kedua), yang mencakup kemampuan untuk:

a. Menilai kesesuaian informasi dengan topik.

Peserta didik mampu memastikan bahwa informasi yang diperoleh mendukung kebutuhan pembelajaran. Dalam konteks *Digital Habits of Mind* (Digital HoM), ini berarti peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi secara aktif mencari dan memilah informasi yang relevan dengan topik yang sedang dipelajari (Eshet-Alkalai, 2004). Hal ini melibatkan kemampuan untuk menggunakan kata kunci pencarian yang tepat, mengevaluasi sumber informasi,

dan membandingkan informasi dari berbagai sumber untuk memastikan kesesuaiannya.

Dalam era digital yang dipenuhi dengan banjir informasi, kemampuan untuk menilai kesesuaian informasi dengan topik menjadi semakin penting. Peserta didik harus mampu mengidentifikasi apakah informasi yang mereka peroleh benar-benar menjawab pertanyaan penelitian atau mendukung tujuan pembelajaran mereka (Setiawan, 2020; Yuliana *et al.*, 2024).

b. Mengevaluasi kedalaman dan kualitas informasi

Peserta didik dapat membedakan antara informasi yang dangkal dengan informasi yang memberikan wawasan mendalam. Dalam *Digital Habits of Mind* (Digital HoM), ini berarti peserta didik mengembangkan kemampuan untuk menganalisis informasi secara kritis, mengidentifikasi bias atau sudut pandang yang mungkin ada, dan mengevaluasi validitas dan reliabilitas sumber informasi (van Laar *et al.*, 2017). Mereka juga perlu mampu mengidentifikasi informasi yang tidak lengkap atau menyesatkan dan mencari informasi tambahan untuk melengkapi pemahaman mereka.

Kemampuan untuk mengevaluasi kedalaman dan kualitas informasi sangat penting dalam menghadapi maraknya misinformasi dan hoaks di era digital. Tanpa kemampuan ini, peserta didik rentan terpapar informasi yang tidak akurat atau menyesatkan, yang dapat menghambat proses pembelajaran yang efektif (Bawden & Robinson, 2009).

c. Menilai potensi aplikasi praktis informasi dalam situasi tertentu

Digital Habits of Mind (Digital HoM) memberikan dasar bagi peserta didik untuk berpikir secara kritis dan reflektif, bukan hanya dalam konteks akademis tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari (Marín & Castañeda, 2023). Ini melibatkan kemampuan untuk menghubungkan informasi dengan situasi nyata, mengidentifikasi masalah yang dapat dipecahkan dengan informasi tersebut, dan mengembangkan solusi yang inovatif dan efektif. Peserta didik perlu mengembangkan kemampuan untuk mentransfer pengetahuan dan keterampilan dari satu konteks ke konteks lain (Warschauer & Matuchniak, 2010).

Kemampuan untuk menilai potensi aplikasi praktis informasi dalam situasi tertentu memungkinkan peserta didik untuk menjadi individu yang solutif dan inovatif. Mereka dapat menggunakan informasi yang mereka peroleh untuk memecahkan masalah nyata dan memberikan kontribusi positif bagi masyarakat (Knobel & Lankshear, 2022).

Menurut Costa dan Kallick (2009), pengembangan indikator ini sangat penting untuk meningkatkan literasi digital peserta didik. Digital HoM berfokus pada kemampuan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengintegrasikan informasi secara efisien untuk memecahkan masalah dalam situasi nyata. Dalam konteks literasi digital, HoM membantu peserta didik mengembangkan kebiasaan berpikir yang diperlukan untuk menghadapi banjir informasi di era digital dengan bijak dan efektif (Gilster, 1997). Dengan mengembangkan *Digital Habits of Mind* (Digital HoM), peserta didik tidak hanya menjadi konsumen informasi yang cerdas, tetapi juga produsen informasi yang bertanggung jawab.

5. Ekosistem

a. Konsep Dasar Ekosistem

Ekosistem diartikan sebagai kesatuan fungsional antara makhluk hidup dengan lingkungannya yang di dalamnya terdapat hubungan dan interaksi yang sangat erat dan saling memengaruhi. Ekosistem terdiri dari berbagai unsur yang membentuk tata lingkungan. Komponen ekosistem yang dikenal di alam ini adalah komponen biotik dan komponen abiotik (Utomo *et al.*, 2015). Komponen biotik meliputi semua makhluk hidup seperti produsen, konsumen, dan dekomposer, sedangkan komponen abiotik mencakup faktor fisik dan kimia seperti cahaya, suhu, air, dan tanah yang mendukung kehidupan (Huda, 2020)

Ada dua bentuk ekosistem, yaitu ekosistem alami dan ekosistem buatan. Ekosistem alami merupakan ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia, seperti sungai, danau, hutan hujan tropis, gurun, dan laut. Sebaliknya, ekosistem buatan adalah hasil rekayasa manusia untuk memenuhi

kebutuhan tertentu, seperti waduk, sawah, akuarium, kolam, dan hutan wisata (Bessy, 2016)



Gambar 2. 10 Ilustrasi Ekosistem

Sumber: Macrovector (n.d.)

2) Komponen Abiotik

Komponen abiotik yang utama di antaranya adalah air, tanah, udara, dan cahaya Matahari (Utomo *et al.*, 2015)

a) Air

Air sangat penting bagi kehidupan karena hampir 85% penyusun tubuh makhluk hidup adalah air. Air juga mengandung berbagai mineral yang sangat dibutuhkan tubuh organisme. Fungsi air bagi tubuh manusia adalah sebagai pelarut, untuk membuang limbah, serta mengatur suhu dan reaksi metabolisme (Huda, 2020).

b) Tanah

Organisme memerlukan tanah sebagai tempat tumbuhnya tumbuhan-tumbuhan serta tempat berpijak dan berdiamnya binatang dan manusia. Dari tanah pula, tumbuhan memperoleh bahan-bahan atau mineral-mineral untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Tanah juga mengandung berbagai unsur organik dan anorganik yang berpengaruh besar terhadap kehidupan organisme di permukaan Bumi (Khafida *et al.*, 2024)

c) Udara

Faktor abiotik yang terkait dengan udara, di antaranya adalah kelembapan udara, suhu udara, curah hujan, dan kandungan udara. Suhu lingkungan merupakan faktor penting dalam kelangsungan hidup organisme. Beberapa jenis organisme mampu mengatur suhu tubuhnya agar proses kehidupan dapat berjalan normal; jenis ini disebut *organisme endoterm*, seperti Aves dan Mammalia. Sebaliknya, organisme ektoterm tergantung pada suhu lingkungan dan mencakup ikan, Amfibia, dan Reptilia (Wulandari, 2019).

d) Cahaya Matahari

Cahaya Matahari merupakan sumber energi utama bagi kehidupan di Bumi. Ia berperan dalam fotosintesis dan memengaruhi aktivitas organisme. Selain itu, cahaya Matahari juga menyebabkan pelapukan batuan yang menghasilkan mineral, serta mempengaruhi perilaku organisme yang aktif pada siang atau malam hari (Arafat *et al.*, 2023).

3) Komponen Biotik

Komponen biotik adalah semua makhluk hidup (organisme) yang ada di lingkungan. Berdasarkan peranannya, organisme dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu produsen, konsumen, dan pengurai (dekomposer) (Komala, 2023).

a) Produsen

Produsen adalah organisme yang mampu menghasilkan zat makanan organik dari zat anorganik. Organisme yang dapat mengubah anorganik menjadi zat organik disebut organisme autotrof. Jika organisme tersebut menggunakan energi cahaya untuk menyusun zat organik, organisme tersebut dinamakan organisme fotoautotrof Contohnya adalah tumbuhan hijau. Tumbuhan hijau memanfaatkan cahaya Matahari untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi karbohidrat. Proses pembentukan ini disebut fotosintesis (Ahmad *et al.*, 2020; Komala, 2023).

b) Konsumen

Konsumen adalah organisme yang memakan organisme lain. Organisme ini tidak dapat menyusun zat organik dari zat anorganik sehingga disebut organisme heterotrof (Leksono, 2017)

- (1) Jika organisme heterotrof memakan organisme autotrof, disebut konsumen primer atau herbivora, seperti sapi, kambing, dan belalang.
- (2) Organisme yang memakan herbivora disebut karnivora, seperti ular dan elang.
- (3) Organisme pemakan tumbuhan dan hewan disebut omnivora, misalnya manusia dan beruang.
- (4) *Scavenger* adalah organisme pemakan bangkai hewan yang masih utuh, seperti burung nasar.
- (5) Detritivora adalah organisme pemakan sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati, seperti rayap, cacing tanah, dan serangga tanah (Ahmad *et al.*, 2020; Komala, 2023).

c) Dekomposer

Dekomposer adalah organisme mikroskopis seperti bakteri dan jamur yang mampu menguraikan sampah organik menjadi bahan anorganik yang berguna untuk mendaur ulang materi dalam ekosistem. Mereka memegang peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan (Komala, 2023; Leksono, 2017)

b. Interaksi Antarorganisme

Interaksi ini dapat dikategorikan ke dalam beberapa jenis:

1) Netralisme

Hubungan dua organisme dalam satu habitat tanpa saling menguntungkan maupun merugikan. Contoh: capung dan sapi, ayam dan kucing. (Indrawati, 2024).

2) Predasi

Hubungan antara pemangsa (*predator*) dan mangsa. Predator membantu mengontrol populasi mangsanya. Contoh: singa dan rusa, burung hantu dan tikus (Fatmona *et al.*, 2025; Huda, 2020)

3) Parasitisme

Salah satu organisme (parasit) mengambil makanan dari inangnya dan merugikannya. Contoh: *Plasmodium* pada manusia, *Taenia saginata* pada sapi, dan benalu pada pohon inang (Indrawati, 2024; Sirajuddin *et al.*, 2025).

4) Komensalisme

Hubungan antara dua organisme berbeda spesies, di mana satu diuntungkan dan yang lain tidak dirugikan. Contoh: anggrek pada pohon, ikan remora dengan ikan hiu (Sirajuddin *et al.*, 2025)

5) Mutualisme

Hubungan antara dua organisme dari spesies berbeda yang saling menguntungkan. Contoh: bakteri *Rhizobium* pada akar tanaman kacang-kacangan, lebah dan bunga (Huda, 2020; Sirajuddin *et al.*, 2025).

c. Interaksi Antar Populasi

Antara populasi yang satu dengan populasi lain selalu terjadi interaksi secara langsung maupun tidak langsung dalam suatu komunitas. Interaksi ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan bisa bersifat kompetitif atau kimiawi (Huda, 2020; Widiya *et al.*, 2021). Contoh interaksi antarpopulasi meliputi:

1) Alelopati

Alelopati adalah bentuk interaksi ketika suatu populasi menghasilkan zat kimia yang menghambat pertumbuhan populasi lain. Contoh: pohon walnut (*Juglans nigra*) menghasilkan senyawa juglon yang mencegah tumbuhan lain tumbuh di sekitarnya. Dalam mikroorganisme, bentuk alelopati disebut anabiosa, misalnya jamur *Penicillium sp.* menghasilkan antibiotik yang menghambat bakteri (Sirajuddin *et al.*, 2025; Wisnuwati & Agustin, 2018).

2) Kompetisi

Kompetisi terjadi ketika dua populasi memiliki kebutuhan yang sama terhadap sumber daya. Contoh: kambing dan sapi bersaing untuk memakan rumput di padang gembala, atau hewan jantan dari spesies berbeda bersaing mendapatkan pasangan (Widiya *et al.*, 2021).

d. Interaksi Antar Komunitas

Komunitas adalah kumpulan berbagai populasi organisme yang hidup di suatu tempat yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas antara lain komunitas sawah dan komunitas sungai.

- 1) Komunitas sawah terdiri atas padi, gulma, burung, ular, dan belalang.
- 2) Komunitas sungai mencakup ikan, ganggang, fitoplankton, zooplankton, dan dekomposer.

Interaksi antar komunitas bisa berbentuk pertukaran nutrisi dan aliran organisme, seperti peredaran air dari sungai ke sawah yang membawa hara, atau pergerakan organisme antara habitat yang berdekatan (Maknun, 2017; Widiya *et al.*, 2021).

e. Interaksi antara Komponen Biotik dengan Komponen Abiotik

Interaksi antara komponen biotik dan abiotik membentuk dasar dari sebuah ekosistem. Organisme tidak hidup secara terpisah, melainkan terus-menerus berhubungan dengan lingkungan fisik tempat hidupnya seperti air, tanah, suhu, dan cahaya. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya memungkinkan terjadinya aliran energi, daur materi, dan pembentukan tingkat trofik, yang semuanya saling memengaruhi dan menjaga keberlangsungan hidup organisme (Huda, 2020; Sirajuddin *et al.*, 2025)

Dalam ekosistem, organisme menempati posisi dalam rantai makanan yang disebut tingkat trofik. Energi berpindah dari satu tingkat ke tingkat lainnya, dengan efisiensi energi sekitar 10% di setiap perpindahan (Sirajuddin *et al.*, 2025). Selain itu, keanekaragaman biotik serta siklus biogeokimia seperti daur karbon dan nitrogen menjadi bagian penting dari sistem ekologis ini (Effendi *et al.*, 2018).

Keseimbangan ekosistem merupakan hasil dari interaksi kompleks antara komponen biotik dan abiotik. Namun, ketika keseimbangan ini terganggu—baik akibat bencana alam, aktivitas manusia seperti deforestasi, atau perubahan iklim—ekosistem akan mengalami dinamika perubahan untuk mencapai keadaan stabil yang baru. Proses ini mencerminkan kemampuan adaptif sistem ekologis terhadap gangguan eksternal (Sya'ban *et al.*, 2024; Utami, 2019)

f. Macam-Macam Ekosistem

Secara umum, ekosistem dibagi menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem perairan kemudian dikelompokkan lagi menjadi ekosistem air tawar dan ekosistem laut (Wulandari, 2019)

1) Ekosistem Darat



Gambar 2. 11 Gambar Ekosistem Darat

Sumber: Gaurav Pandit (2005)

Ekosistem darat adalah ekosistem yang lingkungan fisiknya berupa daratan. Berdasarkan letak geografis (lintang), ekosistem darat diklasifikasikan menjadi beberapa bioma. Bioma adalah ekosistem darat yang khusus untuk suatu wilayah tertentu dan dicirikan oleh jenis vegetasi yang mendominasi wilayah tersebut. Batas antara dua bioma disebut *ecotone*, jenis-jenis dari bioma tersebut adalah sebagai berikut:

2) Ekosistem Perairan



Gambar 2. 12 Gambar Ekosistem Perairan

Sumber: vlad61 (2016)

a) Ekosistem Air Tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar meliputi:

- (1) Variasi suhu relatif kecil
- (2) Penetrasi cahaya terbatas oleh kedalaman dan kekeruhan air
- (3) Flora didominasi ganggang dan tumbuhan air biji
- (4) Fauna mencakup hampir semua filum hewan air (Mustofa, 2022; Wulandari, 2019)

Contoh ekosistem air tawar:

(1) Danau

Danau merupakan badan air statis yang luasnya bervariasi. Danau memiliki beberapa zona ekologis (H. Effendi, 2024).

(a) Zona Litoral

Daerah dangkal dan masih terkena cahaya matahari penuh. Produser: tumbuhan air berakar & fitoplankton. Konsumer: larva serangga, ikan, amfibi.

(b) Zona Limnetik

Daerah air terbuka yang masih menerima cahaya. Produser: fitoplankton & tanaman mengapung seperti Hydrilla, Eichhornia, Azolla. Konsumer: zooplankton, ikan.

(c) Zona Profundal

Daerah dalam tanpa penetrasi cahaya. Dihuni oleh bakteri, larva Chironomus, annelida, dan moluska kecil (Soegianto, 2019).

2) Sungai

Sungai adalah badan air yang mengalir satu arah. Airnya jernih, mengandung sedikit sedimen. Umumnya dibagi menjadi tiga bagian:

- (a) Hulu (deras, oksigen tinggi)
- (b) Tengah (arus sedang)
- (c) Hilir (sedimen tinggi) (Kurniawan, 2018; Mustofa, 2022)

b) Ekosistem Air Laut

Ekosistem laut memiliki beberapa ciri khas, antara lain:

- 1) Kadar mineral tinggi, terutama ion Cl^- (sekitar 55%), yang membuat air laut bersifat asin. Kadar garam bervariasi antara laut tropis dan laut beriklim dingin (Wulandari, 2019)
- 2) Tidak terlalu dipengaruhi iklim atau cuaca secara langsung, karena kestabilan suhu dan tekanan yang tinggi di bawah permukaan.
- 3) Zonasi ekosistem laut meliputi:
 - (a) Zona Intertidal: daerah pasang surut, dihuni oleh organisme yang mampu melekat kuat seperti kerang dan alga.
 - (b) Zona Neritik: zona dangkal dekat pantai, kaya akan plankton dan ikan.
 - (c) Zona Pelagik: zona air terbuka jauh dari pantai.
 - (d) Zona Fotik: zona dengan penetrasi cahaya, memungkinkan fotosintesis.
 - (e) Zona Afotik: zona gelap tanpa cahaya.
 - (f) Zona Bentik: dasar laut, dihuni oleh organisme seperti cacing laut dan krustasea (Suryanti *et al.*, 2019; Wulandari, 2019)

c) Estuari (Muara)

Estuari adalah wilayah pertemuan antara air sungai dan laut. Daerah ini biasanya memiliki lumpur intertidal, rawa garam, dan kaya nutrisi. Produktivitas primer tinggi karena pasokan nutrisi dari sungai. Tumbuhan seperti rumput rawa garam, fitoplankton, dan ganggang umum ditemukan. Hewan seperti kerang, ikan, cacing, dan kepiting merupakan fauna khas estuari (Huda, 2020; Suryanti *et al.*, 2019).

d) Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai merupakan zona transisi antara daratan dan laut. Dipengaruhi oleh arus pasang surut, ekosistem ini memiliki tiga wilayah utama:

- (1) Wilayah atas: hanya tergenang saat pasang tinggi; dihuni oleh moluska, burung pantai.
- (2) Wilayah tengah: terendam saat pasang tinggi dan rendah; dihuni oleh anemon laut, remis, porifera.
- (3) Wilayah bawah: selalu tergenang; dihuni oleh ikan, invertebrata, dan rumput laut.
- (4) Organisme pantai umumnya beradaptasi dengan cara melekat pada substrat untuk menghindari arus laut (Muhaerin, 2008).

e) Ekosistem Buatan

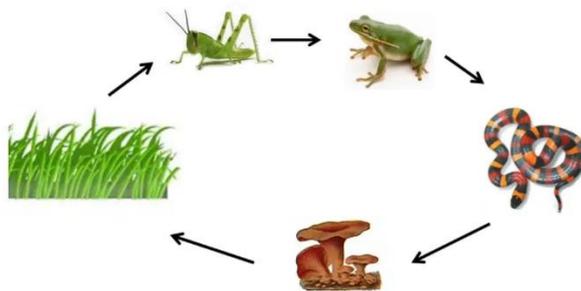
Ekosistem buatan adalah sistem ekologis yang dibentuk melalui rekayasa manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, dengan keanekaragaman yang rendah dan subsidi energi eksternal (Drakel, 2012). Contohnya meliputi:

- (1) Bendungan
- (2) Sawah irigasi
- (3) Tambak
- (4) Hutan produksi (jati, pinus)
- (5) Perkebunan (sawit, teh, cengkeh)
- (6) Ladang

g. Saling Ketergantungan di Antara Komponen Biotik

Dalam setiap ekosistem selalu ditemukan produsen, konsumen, dan dekomposer, yang memiliki peran berbeda namun saling tergantung satu sama lain. Hubungan ini membentuk pola interaksi berupa rantai makanan, jaring-jaring makanan, dan piramida makanan (Maknun, 2017; Sirajuddin *et al.*, 2025)

1) Rantai Makanan



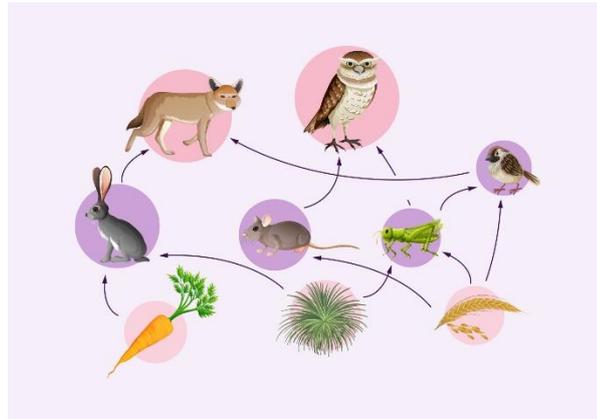
Gambar 2. 13 Gambar Rantai Makanan

Sumber: e-ujian (2024)

Rantai makanan merupakan pertukaran energi yang mengalir dari satu organisme hidup ke organisme hidup lainnya melalui proses makan dan dimakan, yang dikelompokkan berdasarkan tingkat trofik.

- a) Tingkat trofik pertama: tumbuhan hijau sebagai produsen
- b) Tingkat trofik kedua: konsumen primer (herbivora)
- c) Tingkat trofik ketiga: konsumen sekunder (karnivora)
- d) Konsumen puncak: predator tertinggi
- e) Dekomposer: organisme pengurai sisa organik menjadi zat anorganik (Wisnuwati & Agustin, 2018)

2) Jaring-Jaring Makanan



Gambar 2. 14 Gambar Jaring-Jaring Makanan

Sumber: Rizal Fadli (2024)

Karena satu organisme dapat menjadi makanan bagi lebih dari satu jenis organisme lain, maka dalam ekosistem terbentuk jaring-jaring makanan yang kompleks. Ini adalah kumpulan dari beberapa rantai makanan yang saling terhubung, mencerminkan keterkaitan antarspesies dalam memanfaatkan sumber energi (Mukharomah, 2020).

3) Piramida Makanan

Piramida makanan menggambarkan jumlah energi, biomassa, atau populasi pada setiap tingkat trofik. Produsen selalu menempati dasar piramida, sedangkan konsumen puncak berada di puncaknya. Energi semakin menurun saat berpindah dari satu tingkat ke tingkat lainnya (Sirajuddin *et al.*, 2025)

f. Peran Serangga dalam Ekosistem

Serangga (Insecta) merupakan kelompok hewan dengan keragaman spesies tertinggi di biosfer. Mereka memainkan peranan penting dalam banyak aspek ekologi: sebagai konsumen, pengurai, penyerbuk, vektor penyakit, hingga indikator kualitas lingkungan. Fungsi ekologis ini menjadikan serangga sebagai komponen krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Rahim *et al.*, 2021).

1) Serangga sebagai Konsumen

- a) Konsumen Primer (Herbivora): Ordo seperti Orthoptera, Lepidoptera, dan Hemiptera memakan jaringan tumbuhan dan bertindak sebagai penghubung energi dari produsen ke tingkat trofik yang lebih tinggi.
- b) Konsumen Sekunder (Predator): Capung (Odonata), belalang sembah, dan semut predator berperan dalam mengendalikan populasi hama (Leksono, 2017).

2) Serangga sebagai Detritivor dan Pengurai

Ordo Coleoptera, Diptera, dan Blattodea membantu proses dekomposisi materi organik (bangkai, kotoran), mempercepat daur ulang nutrisi (N, P), memperbaiki struktur tanah, dan menyediakan energi bagi konsumen tersier (Humaida & Murniningsih, 2024; Suhri *et al.*, 2024)

3) Serangga sebagai Polinator (Penyerbuk)

Penyerbukan oleh serangga (lebah, kupu-kupu, kumbang, ngengat) sangat penting untuk reproduksi tumbuhan berbunga. Sekitar 87% spesies tanaman liar dan 75% tanaman pangan dunia bergantung pada polinator serangga (Agustina *et al.*, 2025; Wardani *et al.*, 2022)

4) Serangga sebagai Parasit dan Vektor Patogen

Nyamuk (*Aedes*, *Anopheles*), kutu, dan lalat tsetse merupakan vektor penyakit utama pada manusia dan hewan, berperan dalam dinamika populasi dan keseimbangan komunitas (Rahim *et al.*, 2021).

5) Serangga sebagai Indikator Ekologi

Larva serangga air seperti Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera digunakan dalam bioassessment kualitas air karena sangat sensitif terhadap perubahan fisik dan kimia lingkungan (Suhri *et al.*, 2024)

6) Serangga dalam Jaringan Ekologi

Serangga memainkan berbagai peran dalam hubungan mutualisme (lebah & bunga), predasi (capung & nyamuk), parasitisme (nyamuk & manusia), dan kompetisi (antar larva herbivora). Mereka adalah nodus penting dalam jaringan

trofik yang memengaruhi aliran energi dan stabilitas ekosistem (Sya'ban *et al.*, 2024)

g. Ekosistem dalam Konteks Pendidikan dan Penelitian

Dalam konteks pendidikan biologi, pemahaman tentang ekosistem penting untuk menumbuhkan kesadaran ekologis dan tanggung jawab terhadap lingkungan. Pendekatan pembelajaran yang kontekstual, seperti pengamatan langsung di lapangan atau penggunaan teknologi digital untuk memvisualisasikan interaksi dalam ekosistem, dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa.

Selain itu, ekosistem juga menjadi objek penelitian penting dalam mengembangkan solusi berbasis alam (nature-based solutions), konservasi biodiversitas, serta mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memberikan landasan teoritis dan empiris yang penting bagi pengembangan penelitian ini. Berikut ini akan disajikan tinjauan terhadap penelitian-penelitian terkait yang relevan, yang dapat memberikan wawasan serta mendukung kerangka pemikiran dalam penelitian ini.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Sani <i>et al.</i> (2024)	<i>Effectiveness of IoT Integrated Problem Based Learning Model on Students Creative Thinking Skills</i>	Meta-analisis dari 12 jurnal (tidak spesifik tempat)	Meta-analisis; analisis kuantitatif menggunakan <i>effect size</i> dengan Microsoft Excel 2020; sumber data dari Google Scholar, Mendeley, ResearchGate, ERIC, ScienceDirect	Model PBL berbasis IoT efektif meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa dengan rata-rata <i>effect size</i> tinggi (0.942)	Sama-sama menggunakan IoT dalam pembelajaran, fokus pada pengembangan keterampilan abad ke-21	Penelitian ini berfokus pada berpikir kreatif dan menggunakan PBL, sedangkan skripsi Anda menekankan pada keterampilan relevansi informasi digital (Digital HoM) dalam konteks literasi digital
2.	el-Khaeri Kesuma <i>et al.</i> (2024)	<i>Internet of Things to realize Education in Industry 4.0 based on Sustainability Environment</i>	Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung	Studi campuran (literatur dan survei lapangan)	IoT dapat mendukung <i>smart campus</i> , pendidikan berkelanjutan, serta sistem pembelajaran yang adaptif	Sama-sama membahas penerapan IoT dalam pendidikan, dengan fokus pada transformasi digital dan literasi teknologi	Fokus artikel ini adalah implementasi sistemik IoT di pendidikan tinggi dan lingkungan berkelanjutan, bukan pada pengembangan

							keterampilan peserta didik secara spesifik dalam konteks kurikulum sekolah menengah
3.	Zaini (2024)	Implementasi <i>Internet of Things</i> (IoT) pada Teknologi Pendidikan 5.0	Studi literatur dan analisis konseptual (Universitas Lambung Mangkurat)	Kualitatif: studi literatur + studi implementasi di konteks pembelajaran	IoT dapat menciptakan lingkungan belajar yang interaktif, personal, terhubung, dan aman. Penekanan pada personalisasi, monitoring, dan pengumpulan data siswa	Sama-sama membahas pemanfaatan IoT dalam konteks pembelajaran untuk menciptakan lingkungan belajar adaptif dan efektif	Fokus artikel ini pada gambaran umum Teknologi Pendidikan 5.0, tanpa pengujian keterampilan spesifik seperti relevansi informasi digital dalam konteks literasi digital; skripsi Anda empiris dan kuantitatif, artikel ini konseptual dan naratif

C. Kerangka Pemikiran

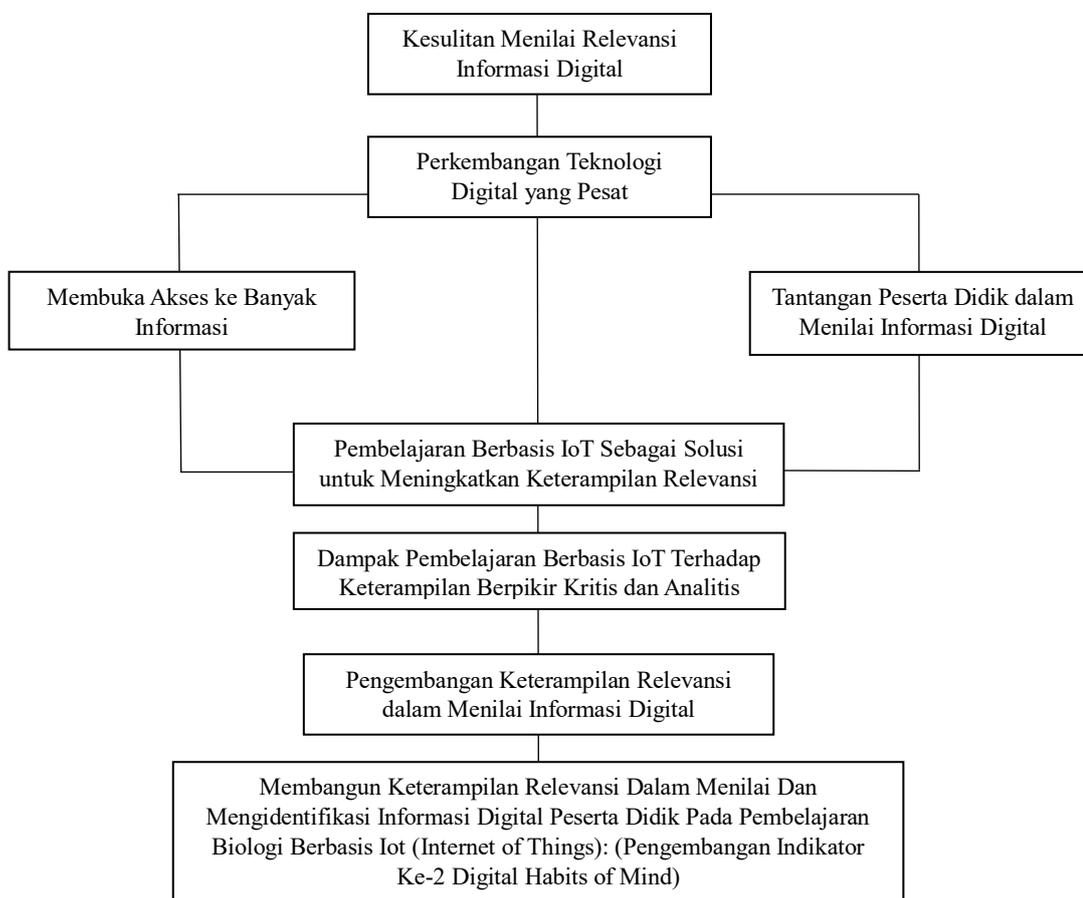
Perkembangan teknologi digital yang semakin pesat telah membuka akses luas terhadap berbagai informasi. Namun, kemudahan akses ini tidak selalu disertai dengan kemampuan peserta didik dalam menilai relevansi informasi secara kritis. Banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam membedakan informasi yang sesuai dengan topik, memiliki kedalaman pembahasan, dan dapat diterapkan secara praktis dalam konteks pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan relevansi, sebagai bagian dari literasi digital dan indikator kedua dalam *Digital Habits of Mind* (Digital HoM), masih belum berkembang secara optimal di kalangan pelajar (Costa & Kallick, 2009b; Setiawan, 2020).

Kondisi ini diperparah oleh tantangan era digital, seperti banjir informasi, hoaks, dan kurangnya keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya mentransfer pengetahuan, tetapi juga melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi. Salah satu pendekatan yang potensial adalah pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT). Melalui penggunaan perangkat sensor dan pengumpulan data real-time, peserta didik dapat berinteraksi langsung dengan data lingkungan dan melatih kemampuan mereka dalam mengevaluasi relevansi informasi secara lebih kontekstual dan aplikatif (Sholihah *et al.*, 2024).

Pembelajaran berbasis IoT mendorong peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui proses menilai kesesuaian data dengan topik, menggali kedalaman informasi dari hasil pengamatan lapangan, serta menilai manfaat praktis informasi yang diperoleh. Proses ini memberikan pengalaman belajar yang tidak hanya berbasis teori, tetapi juga berbasis data autentik yang dikumpulkan sendiri oleh peserta didik. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih aktif, reflektif, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata, yang pada akhirnya memperkuat kompetensi literasi digital.

Kerangka berpikir dalam penelitian ini menunjukkan hubungan logis antara masalah rendahnya keterampilan relevansi, solusi berupa penerapan IoT dalam pembelajaran Biologi, dan hasil yang diharapkan berupa peningkatan kemampuan menilai dan mengidentifikasi informasi digital secara kritis dan analitis. Melalui

pendekatan ini, peserta didik tidak hanya dituntut untuk memahami konsep peranan serangga dalam ekosistem, tetapi juga mampu membangun keterampilan literasi digital yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21.



Gambar 2. 15 Gambar Bagan Membangun Keterampilan Relevansi Dalam Menilai Dan Mengidentifikasi Informasi Digital Peserta Didik Pada Pembelajaran Biologi Berbasis Iot (Internet of Things): (Pengembangan Indikator Ke-2 Digital Habits of Mind)

D. Asumsi dan Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas maka asumsi dan hipotesis pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Asumsi

Penelitian ini berasumsi bahwa peserta didik memiliki akses terhadap perangkat *Internet of Things* (IoT) yang memadai serta koneksi internet yang stabil

untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis teknologi. Diasumsikan pula bahwa peserta didik telah memiliki keterampilan dasar literasi digital yang memungkinkan mereka untuk berinteraksi dengan informasi digital dan memanfaatkan perangkat IoT secara optimal dalam konteks pembelajaran. Proses pembelajaran berlangsung dalam lingkungan yang terstruktur, dengan bimbingan guru dan dukungan sistem pembelajaran yang kondusif. Selain itu, diasumsikan bahwa materi peranan serangga dalam ekosistem memberikan konteks yang sesuai untuk diterapkannya pendekatan pembelajaran berbasis IoT, mengingat keterkaitannya dengan lingkungan nyata yang dapat diamati dan dianalisis secara langsung melalui data *real-time*. Kerangka *Digital Habits of Mind*, khususnya indikator keterampilan relevansi, diyakini menjadi pendekatan yang tepat untuk mendorong peserta didik dalam berpikir kritis, menilai informasi secara mendalam, dan menerapkannya dalam konteks praktis.

2. Hipotesis

Sebelum dilakukan pengujian empiris, penelitian ini terlebih dahulu merumuskan hipotesis sebagai asumsi awal yang akan diuji secara sistematis. Hipotesis disusun berdasarkan kajian teori, kerangka pemikiran, serta hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan. Melalui hipotesis ini, diharapkan dapat diketahui apakah pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) benar-benar memberikan kontribusi signifikan terhadap keterampilan relevansi peserta didik dalam konteks literasi digital. Pengujian hipotesis dilakukan untuk memberikan dasar yang kuat dalam menarik kesimpulan yang valid dan objektif mengenai pengaruh pembelajaran berbasis IoT terhadap kemampuan peserta didik dalam menilai dan mengidentifikasi informasi digital secara relevan, baik dari segi kesesuaian topik, kedalaman isi, maupun aplikasi praktis informasi dalam konteks pembelajaran materi peranan serangga dalam ekosistem.

a. Hipotesis Nol (H_0)

Pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan peserta didik dalam menilai kesesuaian informasi digital dengan topik atau pertanyaan penelitian. Pembelajaran berbasis IoT juga tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan peserta didik dalam

mengevaluasi kedalaman pembahasan informasi digital dan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan peserta didik dalam menilai dan menerapkan informasi digital secara praktis dalam konteks pembelajaran materi peranan serangga dalam ekosistem.

b. Hipotesis Kerja (H₁)

Pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan peserta didik dalam menilai kesesuaian informasi digital dengan topik atau pertanyaan penelitian. Pembelajaran berbasis IoT juga memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan peserta didik dalam mengevaluasi kedalaman pembahasan informasi digital dan memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan peserta didik dalam menilai dan menerapkan informasi digital secara praktis dalam konteks pembelajaran materi peranan serangga dalam ekosistem.