BAB II
KAJIAN TEORI

A. *E-worksheet*

E-worksheet atau lembar kerja peserta didik elektronik (E-LKPD) merupakan pengembangan bahan ajar berbasis digital yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran secara interaktif dan terstruktur. *E-worksheet* disajikan dalam format digital sehingga mampu mengintegrasikan berbagai komponen pembelajaran dalam satu media, termasuk teks, gambar, dan media interaktif, yang menjadikan pembelajaran lebih menarik serta mudah dipahami (Suryani & Rini, 2023, hlm. 160). *E-worksheet* tidak hanya berfungsi sebagai media pemberian tugas, tetapi juga sebagai sarana yang memfasilitasi peserta didik dalam membangun pemahaman melalui aktivitas belajar berbasis teknologi. Peran *e-worksheet* memperlihatkan fungsi yang lebih luas dibandingkan LKPD konvensional, terutama dalam menciptakan pengalaman belajar yang aktif dan bermakna. Pada penelitian ini, *e-worksheet* dikembangkan dalam bentuk digital berbasis website. Tampilan *e-worksheet* yang dikembangkan disajikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampilan *E-Worksheet* Berbasis Website Wizer.me

Platform Wizer.me merupakan salah satu *platform* berbasis website yang dapat digunakan untuk mengembangkan *e-worksheet* interaktif dengan mengintegrasikan berbagai komponen pembelajaran dalam satu media (Sobri dkk., 2022, hlm. 119). Pada penelitian ini, *e-worksheet* dikembangkan menggunakan *platform* Wizer.me yang memuat halaman awal berupa judul, petunjuk penggunaan, topik dan tujuan pembelajaran, serta ringkasan materi. *E-worksheet* juga dilengkapi dengan kegiatan analisis yang disajikan dalam bentuk soal uraian dan tabel, didukung oleh pernyataan masalah dan media *Augmented Reality* (AR) sebagai sarana untuk membantu peserta didik melakukan pengamatan dan menganalisis objek pembelajaran. Tampilan *e-worksheet* yang telah disajikan menjadi dasar untuk memahami karakteristik *e-worksheet* sebagai bahan ajar berbasis digital. Karakteristik tersebut diuraikan sebagai berikut.

Karakteristik *e-worksheet* menunjukkan perbedaan mendasar dengan LKPD konvensional, terutama pada aspek digitalisasi dan interaktivitas dalam pembelajaran. Menurut Fauziyah dan Mulyani (2023, hlm. 523), *e-worksheet* memiliki beberapa karakteristik utama yang membedakannya dari LKPD konvensional. Karakteristik utama *e-worksheet* meliputi:

1. Bersifat digital

E-worksheet disajikan dalam bentuk elektronik sehingga dapat diakses melalui berbagai perangkat seperti komputer maupun telepon pintar. Akses melalui berbagai perangkat mendukung fleksibilitas pembelajaran yang tidak terbatas oleh ruang dan waktu.

2. Interaktif

E-worksheet memuat berbagai aktivitas yang mendorong keterlibatan aktif peserta didik, seperti menjawab pertanyaan, melakukan eksplorasi, hingga menyelesaikan tugas berbasis masalah. Aktivitas tersebut menempatkan peserta didik sebagai subjek utama dalam proses pembelajaran.

3. Terstruktur

Penyusunan *e-worksheet* dilakukan secara sistematis mengikuti alur pembelajaran, sehingga membantu peserta didik memahami materi secara bertahap dan

lebih terarah. Struktur yang jelas berperan dalam meminimalkan kebingungan serta meningkatkan keteraturan dalam proses belajar.

Berbasis multimedia

E-worksheet mengintegrasikan berbagai bentuk media, seperti teks, gambar, video, atau animasi, yang bertujuan untuk memperjelas konsep serta membangun pemahaman peserta didik. Integrasi berbagai media memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan variatif.

Karakteristik *e-worksheet* memperlihatkan bahwa media pembelajaran ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian materi, tetapi juga sebagai alat yang mampu mengarahkan proses belajar peserta didik secara aktif, sistematis, dan berorientasi pada pengalaman belajar. Pemahaman mengenai karakteristik *e-worksheet* menjadi dasar untuk mengkaji kelebihan yang dimiliki dalam mendukung efektivitas pembelajaran.

Penggunaan *e-worksheet* dalam pembelajaran memberikan sejumlah kelebihan yang mendukung efektivitas proses belajar. Menurut Azizah dkk. (2023, hlm. 21569), kelebihan *e-worksheet* tidak hanya terletak pada aspek digital, tetapi juga pada kemampuannya dalam membangun kualitas pengalaman belajar peserta didik. Kelebihan *e-worksheet* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Meningkatkan daya tarik pembelajaran multimedia

Tampilan yang variatif serta integrasi media digital menjadikan pembelajaran lebih menarik, sehingga mampu meningkatkan perhatian dan motivasi peserta didik selama proses belajar berlangsung. Ketertarikan yang meningkat berkontribusi pada keterlibatan peserta didik dalam mengikuti pembelajaran.

2. Mendukung pembelajaran mandiri

Akses yang fleksibel memungkinkan peserta didik mempelajari materi sesuai kebutuhan dan kecepatan masing-masing, sehingga mendorong kemandirian dalam belajar. Kondisi pembelajaran yang fleksibel membuka peluang bagi peserta didik untuk mengelola proses belajar secara lebih optimal.

3. Mempermudah pengelolaan pembelajaran

Proses distribusi dan pengumpulan tugas yang dilakukan secara digital memudahkan guru dalam mengelola pembelajaran serta melakukan evaluasi secara lebih efisien. Efisiensi dalam pengelolaan berdampak pada optimalisasi waktu dan pelaksanaan kegiatan belajar.

E-worksheet juga berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses belajar (Alhamid dkk., 2025, hlm. 1579). Aktivitas yang disusun secara sistematis membantu peserta didik mengikuti pembelajaran dengan lebih terarah, sekaligus mendorong kemampuan dalam menganalisis dan mengevaluasi informasi. Peran *e-worksheet* dalam konteks pembelajaran memperlihatkan kontribusi terhadap pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Peserta didik dilatih untuk memahami dan mengolah informasi dari berbagai sumber, sehingga pembelajaran tidak hanya bersifat menerima, tetapi juga mengonstruksi pengetahuan secara mandiri. Kontribusi tersebut menjadi landasan penting untuk melihat relevansi *e-worksheet* dalam pengembangan keterampilan di era digital.

Penerapan *e-worksheet* dalam pembelajaran juga sejalan dengan nilai kearifan lokal budaya Sunda yang menekankan ketekunan dan kemandirian dalam proses belajar. Ungkapan Sunda "*diajar ulah asa, diajar kudu bisa*" mencerminkan bahwa dalam proses belajar diperlukan usaha yang sungguh-sungguh hingga mencapai pemahaman. Nilai ketekunan dan kemandirian belajar selaras dengan karakteristik *e-worksheet* yang mendorong peserta didik untuk belajar secara mandiri melalui tahapan yang terstruktur.

Penggunaan *e-worksheet* juga memiliki keterkaitan dengan nilai-nilai dalam ajaran Islam yang menekankan pentingnya ilmu pengetahuan. Tercermin pada QS. Al-'Alaq ayat 1–5:

اِقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِيْ خَلَقَۚ ﴿١﴾ خَلَقَ الْاِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍۚ ﴿٢﴾ اِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْاَكْرَمُۙ ﴿٣﴾ الَّذِيْ عَلَّمَ بِالْقَلَمِۙ ﴿٤﴾ عَلَّمَ الْاِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْۗ ﴿٥﴾

Artinya: " (1) Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang menciptakan! (2) Dia menciptakan manusia dari segumpal darah. (3) Bacalah! Tuhanmulah Yang Maha Mulia, (4) yang mengajar (manusia) dengan pena. (5) Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya." (QS. Al-‘Alaq: 96:1–5).

Ayat QS. Al-‘Alaq menunjukkan bahwa proses memperoleh ilmu diawali dengan aktivitas membaca, memahami, dan mengolah pengetahuan yang diberikan Allah SWT. Pada konteks *e-worksheet*, kegiatan membaca materi digital, mengeksplorasi informasi, serta mengerjakan tugas secara bertahap mencerminkan proses belajar aktif yang mendorong peserta didik untuk tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengonstruksi pengetahuan melalui proses berpikir dan pemahaman yang lebih mendalam.

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ

Artinya: "Menuntut ilmu itu wajib bagi setiap Muslim." (HR. Ibnu Majah No. 224, Kitab Muqaddimah, Bab Fadhl al-‘Ilm).

Makna hadis Nabi tersebut menegaskan bahwa menuntut ilmu merupakan kewajiban bagi setiap Muslim, sehingga proses pembelajaran perlu dilakukan secara sungguh-sungguh dan berkelanjutan. Penggunaan media pembelajaran seperti *e-worksheet* dapat menjadi sarana untuk mendukung tercapainya penguasaan ilmu pengetahuan secara optimal dalam proses pembelajaran.

Integrasi nilai kearifan lokal budaya Sunda dan nilai keislaman menunjukkan bahwa *e-worksheet* tidak hanya berfungsi sebagai media pembelajaran berbasis teknologi, tetapi juga berpotensi mendukung pembentukan karakter peserta didik melalui nilai ketekunan, kemandirian, dan pengembangan ilmu pengetahuan.

B. Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL)

Project Based Learning (PjBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang menekankan pada keterlibatan aktif peserta didik melalui kegiatan berbasis tugas terstruktur. PjBL memfasilitasi peserta didik untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan melalui proses eksplorasi, perencanaan, serta penyelesaian tugas yang berkaitan dengan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Proses

pembelajaran dalam PjBL tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada tahapan yang dilalui selama pengerjaan, sehingga mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif (Wijayanti & Budi, 2023, hlm. 112). Pembelajaran berbasis proyek memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan secara mandiri melalui pengalaman belajar yang kontekstual. Pemahaman mengenai konsep PjBL menjadi landasan untuk mengkaji karakteristik yang membedakan model *Project Based Learning* dari pendekatan pembelajaran lainnya.

Karakteristik PjBL mencerminkan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik serta berorientasi pada aktivitas nyata yang bermakna. Menurut Tahiri (2024, p. 99), PjBL memiliki beberapa karakteristik utama yang membedakannya dari model pembelajaran lain. Karakteristik utama PjBL meliputi:

1. Berbasis masalah atau pertanyaan mendasar

Proses pembelajaran diawali dengan permasalahan kontekstual atau pertanyaan yang bersifat menantang dan relevan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Kondisi ini mendorong rasa ingin tahu serta memotivasi peserta didik untuk mencari jawaban melalui proses penyelidikan yang lebih mendalam, bukan hanya menerima informasi secara langsung dari guru.

2. Berorientasi pada proyek

Kegiatan pembelajaran diarahkan pada penyelesaian suatu proyek yang menjadi produk akhir pembelajaran. Proyek tersebut dirancang untuk mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan, dan pemahaman konsep yang telah dipelajari, sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan penguasaan materi secara lebih komprehensif.

3. Menekankan proses investigasi

Peserta didik dilibatkan secara aktif dalam proses investigasi yang meliputi kegiatan eksplorasi sumber belajar, pengumpulan data, pengolahan informasi, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Proses ini melatih kemampuan berpikir kritis, sistematis, serta kemampuan memecahkan masalah berdasarkan data yang diperoleh.

4. Mendorong kolaborasi

Pembelajaran dilaksanakan melalui kerja kelompok yang memungkinkan peserta didik untuk saling berinteraksi, bertukar ide, dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas. Aktivitas kolaboratif ini tidak hanya meningkatkan kemampuan komunikasi, tetapi juga melatih tanggung jawab, toleransi, dan kemampuan bekerja dalam tim.

5. Menghasilkan produk nyata

Hasil akhir pembelajaran diwujudkan dalam bentuk produk konkret yang dapat dipresentasikan atau dipublikasikan, seperti laporan, poster, media pembelajaran, atau karya lainnya. Produk tersebut menjadi bukti nyata pemahaman peserta didik terhadap materi sekaligus hasil dari proses belajar yang telah dilakukan.

Karakteristik PjBL menunjukkan bahwa pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan materi, tetapi juga pada proses pengembangan keterampilan berpikir dan kerja ilmiah. Pemahaman mengenai karakteristik PjBL menjadi dasar untuk mengkaji tahapan atau sintaks dalam penerapan PjBL secara sistematis.

Sintaks PjBL menggambarkan tahapan sistematis yang dilalui dalam proses pembelajaran berbasis proyek. Menurut Herianto dkk. (2024, hlm. 28), langkah-langkah dalam PjBL terdiri atas beberapa tahapan utama sebagai berikut:

1. Penentuan pertanyaan mendasar

Guru memulai pembelajaran dengan menyajikan permasalahan kontekstual atau pertanyaan pemantik yang relevan dengan materi. Pertanyaan ini berfungsi sebagai stimulus awal untuk membangun rasa ingin tahu peserta didik serta mengarahkan fokus pembelajaran pada permasalahan yang akan dikaji.

2. Perencanaan proyek

Peserta didik menyusun rencana kerja yang mencakup pembagian tugas dalam kelompok, penentuan sumber informasi yang akan digunakan, serta strategi atau langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Tahap ini melatih kemampuan perencanaan dan pengorganisasian kegiatan secara sistematis.

3. Penyusunan jadwal

Kegiatan pembelajaran dirancang dalam jangka waktu yang jelas dan terstruktur. Penyusunan jadwal bertujuan agar setiap tahapan proyek dapat dilaksanakan secara terarah, efektif, dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Pelaksanaan dan pemantauan

Peserta didik melaksanakan rencana yang telah disusun secara kolaboratif sesuai pembagian tugas masing-masing. Pada tahap ini, guru berperan sebagai fasilitator yang melakukan pemantauan, memberikan arahan, serta membantu apabila terdapat kendala dalam proses pelaksanaan proyek.

4. Pengujian hasil

Produk yang dihasilkan oleh peserta didik dianalisis dan dievaluasi berdasarkan kriteria atau tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Tahap ini bertujuan untuk menilai kesesuaian hasil kerja dengan konsep yang dipelajari serta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan produk.

5. Evaluasi pengalaman belajar

Peserta didik melakukan refleksi terhadap seluruh proses yang telah dilalui, mulai dari perencanaan hingga hasil akhir. Refleksi ini bertujuan untuk memperkuat pemahaman konsep, mengevaluasi proses kerja, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan perbaikan di masa mendatang.

Sintaks PjBL menunjukkan bahwa pembelajaran dirancang melalui tahapan yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik. Setiap tahapan memberikan kesempatan untuk mengembangkan kemampuan berpikir analitis serta keterampilan dalam memecahkan masalah. Pemahaman mengenai tahapan PjBL menjadi landasan untuk mengkaji keunggulan model *Project Based Learning* dalam meningkatkan kualitas pembelajaran.

PjBL memiliki sejumlah keunggulan yang mendukung efektivitas pembelajaran, terutama dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21. Menurut Pratiwi dkk. (2024, hlm. 56), keunggulan PjBL tidak hanya terletak pada hasil pembelajaran, tetapi juga pada proses yang melibatkan peserta didik secara aktif. Keunggulan PjBL dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Meningkatkan keterlibatan peserta didik

Aktivitas berbasis proyek mendorong partisipasi aktif sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

2. Mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif

Proses penyelesaian tugas menuntut peserta didik untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menghasilkan solusi terhadap permasalahan.

3. Mendorong kemampuan kolaborasi

Kegiatan kelompok melatih komunikasi serta kerja sama dalam menyelesaikan tugas.

4. Menghubungkan pembelajaran dengan konteks nyata

Aktivitas berbasis masalah kehidupan sehari-hari membantu peserta didik memahami relevansi materi dengan lingkungan sekitar.

5. Meningkatkan kemandirian belajar

Peserta didik memiliki tanggung jawab dalam merencanakan dan menyelesaikan tugas secara mandiri.

Penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) memiliki keterkaitan dengan nilai kearifan lokal budaya Sunda yang menekankan kerja sama, tanggung jawab, serta kebersamaan dalam mencapai tujuan. Nilai persatuan tersebut tercermin dalam paribasa Sunda "*ka cai jadi saleuwi, ka darat jadi salogak*" yang menggambarkan pentingnya kekompakan dalam menghadapi suatu pekerjaan atau permasalahan. Pemahaman nilai ini selaras dengan karakteristik PjBL yang menuntut peserta didik bekerja secara kolaboratif dalam kelompok, mulai dari perencanaan hingga penyelesaian proyek. Melalui kerja sama, peserta didik dilatih untuk saling membantu, menghargai pendapat, serta bertanggung jawab terhadap perannya masing-masing.

Karakteristik PjBL sejalan juga dengan paribasa Sunda "*hirup kudu silih asih, silih asah, silih asuh*" yang mengandung makna bahwa kehidupan dan proses belajar menuntut adanya sikap saling menyayangi, saling mengasah kemampuan, dan saling membimbing. Nilai ini tercermin pada kegiatan PjBL yang menuntut interaksi aktif antar peserta didik, baik melalui pertukaran ide, pemberian masukan, maupun bantuan dalam menyelesaikan proyek pembelajaran secara berkelompok.

Penerapan PjBL selaras dengan nilai-nilai dalam ajaran Islam yang menekankan pentingnya kerja sama dalam kebaikan. Firman Allah SWT pada QS. Al-Ma’idah ayat 2:

وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَى وَلَا تَعَاوَنُوا عَلَى الْإِثْمِ وَالْعُدْوَانِ

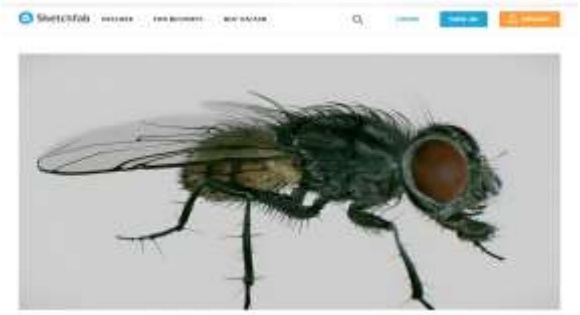
Artinya: "Dan tolong-menolonglah kamu dalam kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam dosa dan permusuhan." (QS. Al-Ma’idah: 5:2).

Ayat Al-Ma’idah ayat 2 menunjukkan bahwa manusia dianjurkan untuk saling bekerja sama dalam kebaikan. Pada konteks PjBL, nilai ini tercermin pada aktivitas kolaboratif peserta didik dalam menyelesaikan proyek pembelajaran secara berkelompok, sehingga proses belajar tidak hanya berorientasi pada hasil, tetapi pada pembentukan sikap sosial dan tanggung jawab bersama.

Integrasi nilai kearifan lokal budaya Sunda dan nilai keislaman menunjukkan bahwa PjBL tidak hanya berfungsi sebagai model pembelajaran berbasis aktivitas, melainkan berpotensi membentuk karakter peserta didik melalui nilai kerja sama, tanggung jawab, saling menghargai, serta kebersamaan dalam proses pembelajaran.

C. *Augmented Reality* (AR)

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menampilkan objek virtual dalam bentuk model tiga dimensi secara interaktif melalui perangkat digital seperti smartphone atau komputer, sehingga informasi dapat divisualisasikan secara lebih konkret (Prasetya, 2024, hlm. 167). *AR* dimanfaatkan untuk menghadirkan objek atau fenomena yang sulit diamati secara langsung menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Interaksi dengan objek virtual mendorong keterlibatan peserta didik sehingga proses belajar berlangsung lebih aktif dan bermakna (Dendondi dkk., 2024, hlm. 298). Integrasi antara dunia nyata dan elemen digital menjadikan *AR* memiliki ciri khas yang membedakannya dari media pembelajaran lain, sehingga pemahaman terhadap karakteristik *AR* menjadi penting sebagai dasar dalam mengkaji pemanfaatannya pada proses pembelajaran. Adapun model 3D *Augmented Reality* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tampilan Model 3D Augmented Reality.
(Sumber : rstr_tv)

AR yang digunakan pada penelitian ini berbasis model tiga dimensi yang diakses melalui *platform* Sketchfab, yaitu *platform* berbasis website yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan dan mengamati model 3D secara interaktif melalui peramban tanpa perlu instalasi aplikasi tambahan (Karimah dkk., 2025, hlm. 3). Pemilihan media berbasis *web* ini didasarkan pada hasil wawancara dengan guru mata pelajaran yang menunjukkan bahwa penggunaan media berbasis website lebih praktis dan mudah diakses oleh peserta didik melalui berbagai perangkat seperti laptop, Android, maupun iOS dibandingkan aplikasi yang harus diinstal pada perangkat (Kamaruddin dkk., 2024, hlm. 6). Penggunaan Sketchfab dalam penelitian ini dinilai sesuai untuk mendukung pembelajaran berbasis *e-worksheet* PjBL berbantuan *AR*. Penggunaan *AR* dalam pembelajaran juga didukung oleh karakteristik yang dimilikinya. Menurut Yeremia dan Chang (2025, hlm. 343), *Augmented Reality* memiliki beberapa karakteristik yang mendukung penggunaannya dalam pembelajaran, yaitu:

1. Menggabungkan dunia nyata dan virtual

Teknologi *Augmented Reality* (AR) mengintegrasikan objek nyata yang ditangkap melalui kamera dengan elemen digital yang ditampilkan secara bersamaan dalam satu tampilan. Integrasi ini memungkinkan peserta didik mengamati objek virtual seolah-olah berada di lingkungan nyata, sehingga membantu memperkuat pemahaman konsep melalui visualisasi yang lebih kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari.

2. Bersifat interaktif secara *real-time*

AR memungkinkan interaksi langsung antara pengguna dengan objek virtual secara waktu nyata. Peserta didik dapat melakukan manipulasi terhadap objek digital,

seperti memutar, memperbesar, atau menggeser tampilan objek sesuai kebutuhan. Interaktivitas ini memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif dan eksploratif, sehingga peserta didik tidak hanya melihat tetapi juga berpartisipasi dalam proses pembelajaran.

3. Menggunakan visualisasi tiga dimensi (3D)

AR menyajikan objek dalam bentuk tiga dimensi yang lebih realistis dibandingkan media dua dimensi. Visualisasi 3D ini membantu peserta didik memahami struktur, bentuk, dan hubungan antarbagian suatu objek secara lebih mendalam, terutama pada materi yang bersifat abstrak atau sulit diamati secara langsung.

4. Memanfaatkan perangkat digital

Teknologi *AR* dapat diakses melalui perangkat digital seperti smartphone atau tablet yang dilengkapi kamera dan mendukung aplikasi berbasis *AR*. Penggunaan perangkat ini memungkinkan pembelajaran dilakukan secara fleksibel, baik di dalam maupun di luar kelas, sehingga memperluas akses peserta didik terhadap media pembelajaran berbasis teknologi.

Karakteristik *AR* memperlihatkan kemampuannya dalam menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan kontekstual. Kemampuan menghadirkan visualisasi tiga dimensi, interaktivitas, serta integrasi dengan lingkungan nyata membuka peluang untuk mengatasi kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak, sehingga pembahasan mengenai kelebihan *AR* menjadi penting untuk memperjelas kontribusinya dalam pembelajaran biologi.

Menurut Azzahra dkk. (2024, hlm. 62), *Augmented Reality* memberikan sejumlah kelebihan dalam pembelajaran biologi, antara lain:

1. Mempermudah pemahaman konsep abstrak

Konsep seperti struktur sel, organ tubuh, atau morfologi organisme dapat divisualisasikan secara lebih jelas sehingga lebih mudah dipahami.

2. Meningkatkan keterlibatan peserta didik

Tampilan interaktif mendorong keaktifan peserta didik selama proses pembelajaran.

3. Menyediakan pengalaman belajar yang lebih nyata

Objek yang sulit diamati secara langsung dapat ditampilkan secara visual sehingga mendekati kondisi sebenarnya.

4. Mendukung pembelajaran mandiri

Akses terhadap materi dapat dilakukan secara fleksibel melalui perangkat digital.

Keunggulan *AR* tidak hanya berkaitan dengan penyajian materi, tetapi juga memperkuat proses pemahaman konsep secara lebih mendalam. Penguatan pemahaman melalui visualisasi dan interaktivitas mendorong pentingnya pembahasan lebih lanjut mengenai peran *AR* dalam membantu peserta didik memahami konsep biologi yang kompleks.

Augmented Reality berperan penting dalam membantu visualisasi konsep. Penyajian objek dalam bentuk tiga dimensi memungkinkan pemahaman struktur dan hubungan antarbagian secara lebih mendalam (Permana dkk., 2024, hlm. 631). Peserta didik dapat melakukan eksplorasi terhadap objek yang ditampilkan, seperti mengamati bagian tertentu atau melihat objek dari berbagai sudut pandang. Proses eksplorasi berkontribusi dalam mengurangi miskonsepsi yang sering muncul akibat keterbatasan media pembelajaran konvensional. Kemampuan visualisasi yang mendalam memperkuat keterkaitan penggunaan *AR* dengan pembelajaran yang bersifat kontekstual.

Penggunaan *AR* mendukung pembelajaran yang lebih kontekstual karena objek virtual dapat dikaitkan dengan kondisi nyata di lingkungan sekitar. Pemahaman konsep menjadi tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga lebih aplikatif dalam kehidupan sehari-hari (Cartono, 2023, hlm. 74).

Pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran tidak hanya berperan dalam membangun pemahaman konsep melalui visualisasi tiga dimensi, tetapi juga memiliki keterkaitan dengan nilai kearifan lokal budaya Sunda yang menekankan ketelitian, ketekunan, dan rasa ingin tahu dalam proses belajar. Nilai ketelitian dalam pengamatan tercermin dalam paribasa Sunda "*kudu taliti dina nyawang, ulah buru-buru nyokot kacindekan*" yang mengandung makna pentingnya ketelitian dalam mengamati sesuatu sebelum menarik kesimpulan. Nilai ketelitian dan kehati-hatian

tersebut selaras dengan penggunaan *AR* yang memungkinkan peserta didik mengamati objek secara detail dari berbagai sudut pandang sehingga mendorong proses analisis yang lebih mendalam dan tidak tergesa-gesa dalam memahami konsep.

Nilai lain tercermin dalam paribasa Sunda "*elmu mah kudu dicangking, lain ukur didengekeun*" yang menekankan bahwa ilmu pengetahuan harus diperoleh melalui proses aktif seperti mengamati, mencoba, dan mengalami secara langsung. Penggunaan *AR* mendukung proses tersebut karena peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat dalam eksplorasi objek virtual secara interaktif sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Pemanfaatan *AR* sejalan dengan nilai-nilai dalam ajaran Islam yang menekankan pentingnya penggunaan akal dan pengamatan dalam memahami ciptaan Allah SWT. Tercermin dalam QS. Ali Imran ayat 190:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ

Artinya: "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal." (QS. Ali Imran: 3:190).

Ayat Ali Imran ayat 190 menegaskan pentingnya manusia untuk mengamati dan merenungi ciptaan Allah SWT sebagai sumber ilmu pengetahuan. Pada konteks pembelajaran berbantuan *AR*, visualisasi objek biologi secara detail dan interaktif menjadi sarana bagi peserta didik untuk memahami konsep sekaligus mengaitkannya dengan fenomena nyata sebagai bentuk refleksi terhadap tanda-tanda kekuasaan Allah SWT.

Nilai keislaman turut menekankan pentingnya ilmu pengetahuan dan proses belajar yang berkelanjutan. Aktivitas eksplorasi melalui *AR* yang memungkinkan peserta didik mengamati, menganalisis, dan memahami objek secara mandiri mencerminkan upaya dalam mengoptimalkan penggunaan akal dalam menuntut ilmu secara lebih mendalam.

Integrasi nilai kearifan lokal budaya Sunda dan nilai keislaman menunjukkan bahwa pemanfaatan *AR* dalam pembelajaran tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi konsep, tetapi berpotensi mendukung pembentukan karakter peserta didik

melalui nilai ketelitian, rasa ingin tahu, serta kesadaran akan pentingnya ilmu pengetahuan dalam kehidupan.

D. *Digital Habits of Mind*

Digital habits of mind merupakan pengembangan konsep kebiasaan berpikir (*habits of mind*) yang diintegrasikan dengan kemampuan literasi digital. Menurut Hutchinson dan Jocelyn (2024), *habits of mind* merupakan kecenderungan cara berpikir yang digunakan individu dalam menghadapi permasalahan serta mengambil keputusan secara efektif. Pola berpikir berperan dalam membantu individu mengelola informasi dan menentukan tindakan yang sesuai dengan situasi yang dihadapi, sehingga menjadi dasar dalam memahami bagaimana proses berpikir berlangsung pada lingkungan digital yang kompleks. Pemahaman mengenai kebiasaan berpikir menjadi landasan untuk mengkaji keterkaitan antara kebiasaan berpikir dan kemampuan dalam mengelola informasi digital.

Literasi digital merujuk pada kemampuan individu dalam mengakses, memahami, mengevaluasi, serta menggunakan informasi secara efektif dalam lingkungan digital, yang berkaitan dengan kemampuan berpikir kritis dalam memahami informasi dan mengevaluasi informasi (Shofiyyah & Ulum, 2025, hlm. 1589). Literasi digital tidak hanya berfokus pada penggunaan teknologi, tetapi juga melibatkan proses berpikir dalam menilai kualitas informasi. Keterkaitan antara literasi digital dan kemampuan berpikir kritis memperkuat pentingnya integrasi keduanya dalam memahami informasi secara lebih mendalam.

Penggabungan antara *habits of mind* dan literasi digital melahirkan konsep *digital habits of mind* sebagai kebiasaan berpikir dalam konteks digital. Integrasi antara kedua konsep menegaskan bahwa kemampuan berpikir kritis berkaitan dengan kemampuan mengelola informasi yang diperoleh melalui teknologi digital. Secara eksplisit, istilah digital *habits of mind* dikemukakan oleh Hizqiyah dalam Onetune Jabar (2021) yang menjelaskan bahwa *digital habits of mind* berkaitan dengan kemampuan individu dalam mencari, menganalisis, serta menggunakan informasi digital secara kritis dalam penyelesaian masalah. Penjelasan dari Hizqiyah memperlihatkan bahwa digital *habits of mind* merupakan hasil pengembangan dari

kebiasaan berpikir dan literasi digital yang berorientasi pada kemampuan berpikir kritis, reflektif, dan bertanggung jawab, sehingga menjadi dasar dalam melihat peran *digital habits of mind* dalam pembelajaran.

Digital habits of mind berperan dalam membentuk kemampuan peserta didik untuk tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengevaluasi serta mempertanggungjawabkan kebenaran informasi yang digunakan. Proses berpikir berkaitan dengan keterampilan menilai kredibilitas sumber, memahami isi informasi, serta melakukan verifikasi. Literasi digital juga berkaitan dengan kemampuan menyaring informasi (Mukhzamilah dkk., 2023, hlm. 71), serta kemampuan menggunakan informasi secara tepat dalam pembelajaran (Salahuddin dkk., 2025, hlm. 2293). Keterkaitan antara berbagai kemampuan memperlihatkan pentingnya pengembangan kebiasaan berpikir kritis dalam mengelola informasi digital sebagai dasar untuk memahami indikator yang lebih spesifik.

Salah satu indikator dalam digital *habits of mind* adalah indikator ke-3, yaitu kemampuan mengejar dan mempertahankan kebenaran informasi. Kemampuan mengejar kebenaran informasi diartikan sebagai kemampuan mencari, memperoleh, serta memverifikasi informasi yang benar. Kemampuan mempertahankan kebenaran informasi diartikan sebagai kemampuan menjaga integritas informasi, menghindari penyebaran informasi yang tidak benar, serta memperbaiki kesalahan informasi. Proses berpikir yang terlibat menunjukkan bahwa aktivitas kognitif tidak berhenti pada pencarian informasi, tetapi berlanjut pada pengujian dan pemeliharaan kebenaran informasi.

Kemampuan mengejar dan mempertahankan kebenaran informasi sebagai indikator ke-3 dapat diidentifikasi melalui beberapa sub-indikator berikut:

1. Kemampuan Mengejar Kebenaran Informasi

a. Keterampilan pencarian (*search skills*) (Kuhlthau et al., 2015)

Aspek indikator:

1) Kemampuan menggunakan mesin pencari dan basis data secara efektif
2) Kemampuan merumuskan pertanyaan atau kata kunci pencarian yang tepat

Cara menilai:

Pemberian tugas pencarian informasi dengan skenario tertentu dan mengevaluasi hasil yang diperoleh.

b. Evaluasi sumber (*source evaluation*) (Metzger & Flanagin, 2017)

Aspek indikator:

1) Kemampuan menilai kredibilitas, keandalan, dan relevansi sumber informasi
2) Penggunaan kriteria evaluasi seperti kebaruan, relevansi, otoritas, akurasi, dan tujuan informasi

Cara menilai:

Pemberian kasus atau informasi yang perlu dianalisis untuk menentukan tingkat kepercayaan disertai alasan yang mendukung.

2. Kemampuan Mempertahankan Kebenaran Informasi

a. Penggunaan sumber primer (*primary source usage*) (Lavigne, 2018)

Aspek indikator:

1) Kemampuan mengakses dan menggunakan sumber-sumber primer dalam mencari kebenaran informasi
2) Kemampuan menganalisis dan menafsirkan sumber primer secara kritis

Cara menilai:

Penugasan atau proyek yang mewajibkan penggunaan sumber primer serta penyajian hasil analisis.

b. Keterampilan verifikasi (*verification skills*) (Caulfield, 2020)

Aspek indikator:

1) Kemampuan memverifikasi kebenaran informasi melalui sumber tambahan atau *cross-checking*
2) Kemampuan membedakan antara fakta, opini, dan informasi yang diragukan

Cara menilai:

Pemberian skenario yang menuntut proses verifikasi informasi disertai penjelasan langkah-langkah yang dilakukan.

Keempat sub-indikator menggambarkan keterkaitan antara proses pencarian, evaluasi, penggunaan, dan pengujian informasi dalam membentuk kebenaran informasi.

Keterampilan verifikasi memiliki peran penting karena berkaitan langsung dengan upaya memastikan keakuratan informasi yang digunakan. Penekanan pada keterampilan verifikasi selaras dengan fokus penelitian yang telah diuraikan pada latar belakang, sehingga pembahasan selanjutnya akan mengkaji lebih dalam mengenai keterampilan verifikasi sebagai bagian dari *digital habits of mind*.

Pemahaman mengenai digital habits of mind juga memiliki keterkaitan dengan nilai kearifan lokal budaya Sunda yang menekankan kehati-hatian, ketelitian, serta kebijaksanaan dalam bersikap dan mengambil keputusan. Sikap kehati-hatian dan ketelitian tersebut tercermin dalam paribasa Sunda "*ulah cicing dina hiji carita sateuacan terang bener henteuna*" yang mengandung makna pentingnya tidak mudah percaya pada informasi sebelum dilakukan pengecekan kebenaran. Pemahaman nilai paribasa sunda ini selaras dengan indikator kemampuan mengejar dan mempertahankan kebenaran informasi yang menekankan proses verifikasi serta pengujian informasi sebelum digunakan atau disebarkan.

Nilai kehati-hatian dalam menerima informasi juga tercermin dalam paribasa Sunda "*basa mah teu meunang sakecap, elmu mah teu meunang sakali baca*" yang menekankan bahwa pemahaman tidak dapat diperoleh secara instan, melainkan melalui proses yang berulang, teliti, dan mendalam. Nilai ini berkaitan dengan kemampuan literasi digital yang menuntut analisis dan evaluasi informasi secara kritis, bukan sekadar menerima informasi secara langsung tanpa pertimbangan.

Digital habits of mind turut sejalan dengan prinsip dalam ajaran Islam yang menekankan pentingnya tabayyun atau klarifikasi dalam menerima informasi. Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Hujurat ayat 6:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِنْ جَاءَكُمْ فَاسِقٌ بِنَبَإٍ فَتَبَيَّنُوا

Artinya: "Wahai orang-orang yang beriman, apabila datang kepada kalian seorang yang fasik membawa suatu berita, maka periksalah dengan teliti." (QS. Al-Hujurat: 49:6).

Ayat Al-Hujurat ayat 6 menegaskan pentingnya sikap teliti dan melakukan verifikasi sebelum mempercayai suatu informasi. *Digital habits of mind* memaknai

nilai *tabayyun* tercermin pada kemampuan mengejar, mengevaluasi, serta mempertahankan kebenaran informasi melalui proses pencarian dan pengecekan sumber secara kritis.

Nilai keislaman menegaskan bahwa penggunaan informasi tidak hanya menuntut kemampuan mengakses, tetapi juga tanggung jawab dalam memastikan kebenaran dan keabsahan informasi yang digunakan. Upaya menjaga akurasi informasi sejalan dengan indikator verifikasi dalam *digital habits of mind* yang berperan penting dalam menghindari penyebaran informasi yang keliru.

Integrasi nilai kearifan lokal budaya Sunda dan nilai keislaman menunjukkan bahwa *digital habits of mind* tidak hanya berkaitan dengan kemampuan kognitif dalam mengelola informasi digital, tetapi juga membentuk sikap bijak, hati-hati, serta bertanggung jawab dalam penggunaan informasi di era digital.

E. Keterampilan Verifikasi Informasi

Keterampilan verifikasi informasi merupakan kemampuan dalam literasi digital yang berperan untuk memastikan bahwa informasi yang diterima telah melalui proses penilaian kebenaran, keakuratan, dan kredibilitas. Kebenaran berkaitan dengan kesesuaian informasi terhadap fakta empiris, keakuratan menunjukkan ketepatan data serta detail yang disajikan, sedangkan kredibilitas merujuk pada tingkat kepercayaan terhadap sumber informasi yang digunakan (Muhtar & Rohman, 2023, hlm. 2980). Ketiga aspek menjadi dasar dalam menentukan kelayakan suatu informasi untuk dipercaya. Perkembangan teknologi digital memperluas peran verifikasi informasi yang tidak hanya sebatas akses, melainkan juga mencakup kemampuan mengevaluasi secara kritis agar terhindar dari kesalahan pemahaman (Nuraisyah dkk., 2023, hlm. 286). Perluasan peran verifikasi menuntut pemahaman mengenai tahapan sistematis dalam menilai kualitas informasi.

Verifikasi informasi dipahami sebagai proses penilaian terhadap dapat atau tidaknya suatu informasi dipercaya melalui pembandingan lintas sumber atau *lateral reading*, sehingga ketergantungan pada satu sumber dapat dihindari (Christakis et al., 2025, p. 543). Aktivitas verifikasi melibatkan analisis terhadap sumber, isi, serta konteks informasi, mengingat informasi di ruang digital sering kali diproduksi dengan

tujuan tertentu. Penelusuran terhadap sumber asli menjadi penting untuk memahami latar belakang kemunculan informasi serta menghindari kesalahan penafsiran (Gergul et al., 2025, p. 301). Kegiatan analisis berlangsung melalui langkah-langkah yang saling berkaitan, meliputi pembandingan informasi dengan sumber lain, penelaahan konteks penyajian informasi, serta evaluasi kredibilitas sumber. Setiap langkah dilakukan melalui pembandingan isi informasi antar sumber, penelusuran asal informasi, serta penilaian terhadap identitas penulis, tujuan penyampaian, dan konsistensi informasi. Melalui proses verifikasi, tingkat kepercayaan terhadap informasi dapat ditentukan secara lebih akurat. Kegiatan pembandingan sumber, penelusuran asal informasi, serta penilaian terhadap karakteristik informasi memperlihatkan bahwa verifikasi melibatkan sejumlah aspek yang dapat diuraikan dan dikenali dalam praktik penilaian informasi.

Keterampilan verifikasi informasi dapat diamati melalui beberapa kemampuan utama, salah satunya melalui pengecekan silang (*cross-checking*) antar sumber. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan informasi dari berbagai sumber untuk menemukan kesesuaian maupun perbedaan sehingga dapat ditentukan tingkat kebenarannya (Acerbi *et al*., 2022, p. 7). Kemampuan membedakan fakta dan opini juga menjadi bagian penting dalam proses verifikasi, karena fakta bersifat objektif dan dapat dibuktikan, sedangkan opini dipengaruhi sudut pandang tertentu (Kurnia & Pristiwati, 2022, hlm. 31). Kemampuan melakukan pengecekan silang antar sumber dan kemampuan membedakan fakta serta opini menjadi dasar dalam melakukan evaluasi informasi secara kritis, yang selanjutnya dirumuskan ke dalam indikator keterampilan yang lebih terstruktur.

Berkaitan dengan indikator *digital habits of mind*, keterampilan verifikasi informasi dijelaskan melalui beberapa sub-indikator utama. Menurut Caulfield (2020), indikator keterampilan verifikasi informasi meliputi:

1. Kemampuan melakukan pengecekan silang (*cross-checking*) antar sumber

Kemampuan melakukan pengecekan silang mengacu pada aktivitas membandingkan informasi dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi kesesuaian, perbedaan, serta konsistensi informasi. Kegiatan pembandingan tidak hanya berfokus

pada kesamaan isi, tetapi juga mempertimbangkan variasi sudut pandang yang muncul dari setiap sumber. Perbedaan informasi tidak selalu menunjukkan kesalahan, melainkan dapat menjadi dasar untuk menelaah lebih lanjut konteks dan latar belakang penyajian informasi. Melalui pembandingan lintas sumber, tingkat kepercayaan dan kelayakan informasi dapat dinilai secara lebih menyeluruh karena tidak bergantung pada satu sumber tunggal.

2. Kemampuan membedakan fakta, opini, dan informasi yang meragukan

Kemampuan membedakan fakta, opini, dan informasi yang meragukan berkaitan dengan kecakapan dalam mengidentifikasi karakteristik isi informasi. Fakta ditandai dengan keberadaan bukti yang dapat diverifikasi serta bersifat objektif, sedangkan opini mencerminkan pandangan atau interpretasi yang dipengaruhi oleh perspektif tertentu. Informasi yang meragukan umumnya memiliki ciri seperti tidak mencantumkan sumber yang jelas, menggunakan bahasa yang bersifat persuasif atau emosional, serta mengandung pernyataan yang sulit dibuktikan. Pembedaan antara fakta, opini, dan informasi yang meragukan membantu dalam menentukan tingkat kepercayaan terhadap informasi serta mengurangi risiko kesalahan dalam memahami isi informasi.

Keterampilan verifikasi informasi mencerminkan kemampuan yang melibatkan evaluasi, pembandingan, dan analisis terhadap informasi. Peran verifikasi tidak hanya berkaitan dengan memastikan kebenaran informasi, tetapi juga membentuk kebiasaan berpikir kritis di lingkungan digital. Kerangka *digital habits of mind* menempatkan verifikasi informasi sebagai bagian penting dalam menjaga kualitas informasi melalui kebiasaan melakukan pengecekan, analisis, serta pemahaman terhadap karakteristik informasi yang diterima.

Pemahaman mengenai *digital habits of mind* memiliki keterkaitan dengan nilai kearifan lokal budaya Sunda yang menekankan kehati-hatian, ketelitian, serta kebijaksanaan dalam bersikap dan mengambil keputusan. Sikap kehati-hatian dan ketelitian tercermin dalam paribasa Sunda "*ulah cicing dina hiji carita sateuacan terang bener henteuna*" yang mengandung makna pentingnya tidak mudah mempercayai informasi sebelum dilakukan pengecekan kebenaran. Nilai kehati-hatian

dalam menerima informasi selaras dengan indikator kemampuan mengejar dan mempertahankan kebenaran informasi yang menekankan proses verifikasi serta pengujian informasi sebelum digunakan atau disebarkan.

Nilai ketelitian dan kesabaran dalam memahami informasi juga tercermin dalam paribasa Sunda "*basa mah teu meunang sakecap, elmu mah teu meunang sakali baca*" yang menegaskan bahwa pemahaman tidak dapat diperoleh secara instan, melainkan melalui proses yang berulang, teliti, dan mendalam. Nilai ketekunan dalam proses belajar berkaitan dengan kemampuan literasi digital yang menuntut analisis serta evaluasi informasi secara kritis, bukan sekadar menerima informasi tanpa pertimbangan.

Ajaran Islam mengenal prinsip *tabayyun* yang menekankan pentingnya melakukan klarifikasi sebelum mempercayai suatu informasi. Prinsip kehati-hatian tersebut tercermin dalam QS. An-Nisa ayat 94:

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْٓا اِذَا ضَرَبْتُمْ فِيْ سَبِيْلِ اللّٰهِ فَتَبَيَّنُوْا وَلَا تَقُوْلُوْا لِمَنْ اَلْقٰٓى اِلَيْكُمُ السَّلٰمَ لَسْتَ مُؤْمِنًاۚ تَبْتَغُوْنَ عَرَضَ الْحَيٰوةِ الدُّنْيَاۖ فَعِنْدَ اللّٰهِ مَغَانِمُ كَثِيْرَةٌۗ كَذٰلِكَ كُنْتُمْ مِّنْ قَبْلُ فَمَنَّ اللّٰهُ عَلَيْكُمْ فَتَبَيَّنُوْاۗ اِنَّ اللّٰهَ كَانَ بِمَا تَعْمَلُوْنَ خَبِيْرًا

Artinya: "Wahai orang-orang yang beriman! Apabila kamu pergi di jalan Allah, maka telitilah dan janganlah kamu mengatakan kepada orang yang mengucapkan salam kepadamu, "Kamu bukan seorang mukmin," dengan tujuan mencari keuntungan dunia. Maka telitilah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan." (QS. An-Nisa: 4:94).

QS. An-Nisa ayat 94 menegaskan pentingnya sikap teliti dalam memverifikasi informasi sebelum mengambil keputusan. Nilai *tabayyun* selaras dengan keterampilan verifikasi informasi yang menuntut proses pengecekan, pembandingan, serta evaluasi sumber secara kritis agar informasi yang digunakan memiliki tingkat kebenaran yang dapat dipertanggungjawabkan. Nilai kehati-hatian diperkuat oleh hadis shahih berikut:

كَفَى بِالْمَرْءِ كَذِبًا أَنْ يُحَدِّثَ بِكُلِّ مَا سَمِع

Artinya: Cukuplah seseorang dianggap berdusta apabila ia menceritakan semua yang ia dengar." (HR. Muslim, no. 5).

Hadis riwayat Muslim no. 5 menunjukkan bahwa tidak semua informasi yang diterima dapat langsung disampaikan, melainkan perlu melalui proses penyaringan dan verifikasi terlebih dahulu. Melihat sisi lietrasi digital, pesan yang tercermin berkaitan dengan kemampuan mengevaluasi informasi agar tidak terjadi penyebaran informasi yang belum jelas kebenarannya.

Integrasi nilai kearifan lokal budaya Sunda dan nilai keislaman menunjukkan bahwa kemampuan digital habits of mind tidak hanya berkaitan dengan keterampilan kognitif dalam mengelola informasi digital, tetapi juga membentuk sikap bijak, teliti, serta bertanggung jawab dalam penggunaan informasi di era digital.

F. Konsep Serangga dalam Ekosistem

Ekosistem merupakan kesatuan yang terbentuk dari interaksi antara makhluk hidup (komponen biotik) dan lingkungan fisiknya (komponen abiotik) yang saling memengaruhi. Konsep ekosistem mencakup aliran energi serta siklus materi yang berlangsung melalui hubungan antar komponen penyusunnya (Odum & Barrett, 2022, hlm. 15). Interaksi antarorganisme berperan penting dalam menjaga keberlanjutan kehidupan karena setiap spesies memiliki kontribusi terhadap fungsi ekologis yang saling berkaitan (Dewi, 2024, hlm. 144).

Dekomposisi merupakan proses penting dalam siklus materi yang menggambarkan penguraian bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui aktivitas organisme hidup. Proses ini berperan besar dalam siklus nutrisi, khususnya daur karbon, karena materi dari organisme yang telah mati dikembalikan ke lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali oleh organisme lain (Findlay, 2021). Penguraian bahan organik dapat berlangsung melalui jalur aerob maupun anaerob (Liu et al., 2023). Jalur aerob menghasilkan karbon dioksida, air, serta senyawa anorganik lainnya, sedangkan jalur anaerob dapat menghasilkan gas seperti metana. Proses kimiawi pada penguraian melibatkan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Protein diuraikan menjadi asam amino yang selanjutnya menghasilkan amonia (NH_3)
2. Lemak terurai menjadi asam lemak dan gliserol
3. Karbohidrat dipecah menjadi gula sederhana
4. Terbentuk gas seperti karbon dioksida (CO_2) dan amonia (NH_3)

5. Dihasilkan senyawa volatil seperti putresin dan kadaverin
6. Unsur hara seperti nitrat dan fosfat terbentuk dan kemudian diserap oleh tumbuhan

Keberadaan organisme makro seperti serangga detritivor mempercepat proses penguraian melalui peran mekanik dan biologis. Serangga detritivor memakan bahan organik serta memecahnya menjadi bagian yang lebih kecil sehingga memperluas permukaan bagi aktivitas mikroorganisme. Serangga detritivor juga menghasilkan enzim yang membantu proses penguraian serta meningkatkan suhu lokal akibat aktivitas metabolisme larva. Salah satu contoh serangga detritivor yang berperan dalam proses tersebut adalah lalat bangkai (*Sarcophaga* sp.) yang ditunjukkan pada gambar 2.2.

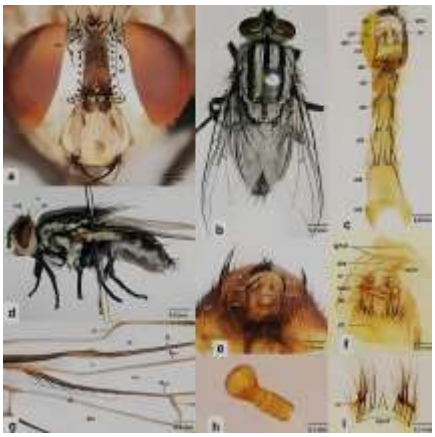


Gambar 2.3 Lalat Bangkai *Sarcophaga* sp.
(Sumber : Wikipedia)

Salah satu serangga yang berperan dalam proses dekomposisi adalah lalat bangkai dari genus Sarcophaga. Lalat ini termasuk famili Sarcophagidae yang dikenal sebagai lalat daging dan berfungsi sebagai dekomposer karena membantu menguraikan jaringan hewan yang telah mati. Klasifikasi lalat bangkai menurut Borror *et al*. (2005) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Ordo : Diptera
Famili : Sarcophagidae
Genus : Sarcophaga
Spesies : *Sarcophaga* sp.

Berdasarkan klasifikasi tersebut, *Sarcophaga* sp. merupakan serangga ordo Diptera yang memiliki ciri morfologi khas seperti bentuk tubuh, struktur sayap, dan bagian kepala yang mendukung perannya dalam proses dekomposisi, sehingga karakteristik morfologi tersebut dapat diamati lebih jelas pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Morfologi Lalat Daging (*Sarcophaga* sp.)
(Sumber : Kumar *et al*., 2023)

Secara morfologis, Sarcophaga sp. memiliki ukuran tubuh sekitar 11–15 mm dengan warna abu-abu dan tiga garis longitudinal pada toraks. Bagian abdomen memiliki pola menyerupai papan catur dengan ujung berwarna kemerahan (Sukmawati dkk., 2019; Fadhila dkk., 2022). Struktur tubuhnya mendukung aktivitas sebagai dekomposer, yaitu:

1. Mata majemuk besar yang berfungsi untuk mendeteksi lingkungan sekitar
2. Antena sebagai alat reseptor kimia (kemoreseptor) untuk mengenali bau bahan organik
3. Proboscis yang digunakan untuk mengisap makanan dalam bentuk cair
4. Sayap transparan yang mendukung mobilitas tinggi dalam mencari sumber makanan

Lalat bangkai umumnya ditemukan pada lingkungan yang lembap dan kaya bahan organik seperti sampah, kotoran hewan, serta bangkai (Sucipto, 2011). Lingkungan ini dipilih karena mendukung perkembangan larva, terutama terkait ketersediaan nutrisi, kelembapan, suhu, dan kondisi pH yang sesuai.

Peran lalat bangkai meliputi sebagai dekomposer, indikator dalam entomologi forensik, serta sebagai vektor potensial bagi mikroorganisme patogen.

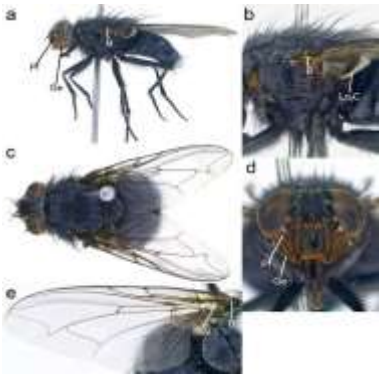
Proses dekomposisi yang melibatkan lalat bangkai berlangsung secara bertahap dan berkaitan erat dengan perubahan biologis serta kimiawi sebagai berikut:

1. Deteksi senyawa volatil

Peran lalat bangkai sebagai dekomposer dalam proses dekomposisi dapat diilustrasikan melalui beberapa spesies utama, yaitu *Calliphora vicina* dan *Sarcophaga carnaria* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.5 dan gambar 2.6.



Gambar 2.5 *Calliphora Vicina*
(Sumber: Stadler et al., 2022)



Gambar 2.6 *Sarcophaga Carnaria*
(Sumber: Wikipedia)

Pada fase awal dekomposisi, jaringan organik mulai mengalami autolisis, yaitu pemecahan sel secara sendiri oleh enzim yang ada di dalam sel. Pemecahan sel menghasilkan senyawa volatil seperti putresin dan kadaverin dari protein yang diuraikan. Senyawa volatil berperan sebagai sinyal kimia dalam proses kolonisasi, yang dideteksi lalat melalui antena sebagai organ kemoreseptor. Kemampuan lalat

mendeteksi senyawa volatil memungkinkan serangga menemukan sumber bahan organik dengan cepat, sehingga dekomposisi biologis dapat dimulai lebih awal.

Penempatan telur atau larva

Tahap penempatan telur atau larva sebagai bagian dari proses kolonisasi lalat bangkai dapat diamati melalui keberadaan telur dan larva pada sumber bahan organik sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.7 dan gambar 2.8.



Gambar 2.7 Telur Lalat Bangkai
(Sumber: Fumida)



Gambar 2.8 Larva Lalat Bangkai
(Sumber: Shutterstock)

Setelah menemukan sumber nutrisi, lalat betina melakukan oviposisi atau larviposisi pada bagian tubuh yang lunak dan lembap. Tahap kolonisasi menandai dimulainya peran aktif serangga sebagai detritivor dalam ekosistem. Pemilihan lokasi yang kaya nutrisi dan sesuai kondisi mikrohabitat mendukung perkembangan larva dan efisiensi pemanfaatan bahan organik.

1. Fragmentasi dan konsumsi jaringan oleh larva

Larva lalat berperan dalam fragmentasi, yaitu memecah jaringan organik menjadi bagian lebih kecil. Aktivitas makan yang intensif disertai sekresi enzim proteolitik dan lipolitik menguraikan senyawa kompleks seperti protein dan lemak menjadi bentuk lebih sederhana. Fragmentasi meningkatkan luas permukaan bahan organik sehingga mikroorganisme dapat bekerja lebih cepat pada tahap dekomposisi lanjutan.

2. Peningkatan suhu dan percepatan dekomposisi

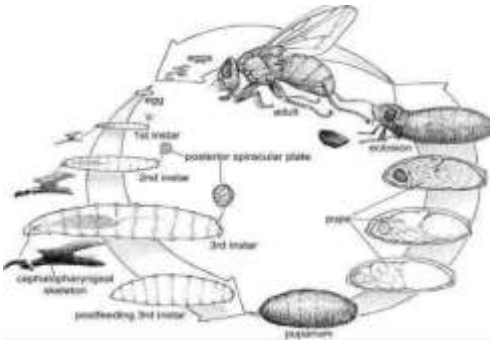
Akumulasi larva dalam jumlah besar meningkatkan suhu lokal akibat metabolisme tinggi, dikenal sebagai maggot *mass effect*. Suhu yang meningkat mempercepat reaksi kimia, meningkatkan aktivitas enzimatik, dan mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dekomposer, sehingga transformasi bahan organik menjadi senyawa lebih sederhana berlangsung lebih cepat.

3. Perpindahan larva ke tempat lebih kering

Setelah konsumsi intensif, larva memasuki tahap perkembangan lanjut dan bermigrasi ke lingkungan lebih kering. Perpindahan menandai perubahan fase dekomposisi, dari tahap aktif konsumsi menuju stabilisasi, sekaligus sebagai adaptasi untuk mendukung metamorfosis.

4. Metamorfosis dan keberlanjutan siklus dekomposisi

Tahap metamorfosis dan keberlanjutan siklus dekomposisi lalat bangkai dapat dilihat melalui siklus hidup dan proses perubahan bentuk pupa hingga menjadi lalat dewasa sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.9 dan gambar 2.10.



Gambar 2.9 Siklus Hidup Lalat Bangkai dalam Dekomposisi
(Sumber: Mullen & Durden, 2009)



Gambar 2.10 Metamorfosis Pupa Lalat Bangkai
(Sumber: Feng *et al*., 2023)

Pada fase pupa terjadi reorganisasi struktur tubuh hingga terbentuk lalat dewasa. Lalat dewasa kemudian kembali mencari sumber bahan organik baru, sehingga serangga berperan tidak hanya dalam siklus hidupnya tetapi juga menjaga keberlanjutan aliran energi dan siklus materi dalam ekosistem.

Keseluruhan proses dekomposisi oleh lalat menunjukkan bahwa aktivitasnya tidak hanya berkaitan dengan siklus hidup, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap percepatan penguraian bahan organik serta pengembalian unsur hara ke lingkungan. Peran serangga dalam dekomposisi menjadi bagian penting dalam pembelajaran biologi, khususnya pada materi ekosistem, karena membantu peserta didik memahami hubungan antara organisme, aliran energi, dan siklus materi secara lebih konkret.

Pemahaman mengenai ekosistem dan proses dekomposisi memiliki keterkaitan dengan nilai kearifan lokal budaya Sunda yang menekankan keseimbangan, keselarasan, serta saling ketergantungan dalam kehidupan. Sikap saling membutuhkan antarunsur kehidupan tercermin dalam paribasa Sunda "*hirup kudu sauyunan, ulah pasea dina pagawean*" yang menggambarkan pentingnya hidup harmonis dalam menjalankan suatu peran agar tercipta keteraturan. Makna keselarasan selaras dengan konsep ekosistem yang menekankan adanya hubungan timbal balik antara komponen biotik dan abiotik, termasuk peran organisme dalam menjaga aliran energi dan siklus materi.

Nilai keseimbangan alam juga tercermin dalam paribasa Sunda "*alam téh moal rugi ku nu ngurusna, tapi bakal rusak ku nu ngarempakna*" yang menegaskan bahwa alam akan tetap lestari apabila dijaga dengan baik, namun akan mengalami kerusakan jika keseimbangannya dilanggar. Pandangan ekologis masyarakat Sunda ini berkaitan

dengan proses dekomposisi yang berperan menjaga keberlanjutan ekosistem melalui penguraian bahan organik dan pengembalian unsur hara ke lingkungan, sehingga siklus kehidupan tetap berlangsung.

Ajaran Islam menegaskan konsep keteraturan dan keseimbangan ciptaan Allah SWT dalam QS. Al-Mulk ayat 3–4:

ٱلَّذِى خَلَقَ سَبۡعَ سَمَٰوَٰتٍ طِبَاقًاۖ مَّا تَرَىٰ فِى خَلۡقِ ٱلرَّحۡمَٰنِ مِن تَفَٰوُتٍۖ فَٱرۡجِعِ ٱلۡبَصَرَ هَلۡ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ۝٣ ثُمَّ ٱرۡجِعِ ٱلۡبَصَرَ كَرَّتَيۡنِ يَنقَلِبۡ إِلَيۡكَ ٱلۡبَصَرُ خَاسِئًا وَهُوَ حَسِيرٌ ۝٤

Artinya: "(1) Yang menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Tidak akan kamu lihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih sesuatu yang tidak seimbang (2) maka lihatlah sekali lagi, adakah kamu lihat sesuatu yang cacat? Kemudian lihatlah berulang-ulang, niscaya pandanganmu akan kembali kepadamu dengan lemah dan tidak menemukan cacat." (QS. Al-Mulk: 67:3–4).

Q.S Al-Mulk ayat 3–4 menegaskan bahwa ciptaan Allah SWT tersusun secara seimbang dan teratur tanpa kekacauan. Dalam ekosistem, keteraturan tersebut tercermin melalui hubungan antarorganisme dan lingkungan fisik yang saling memengaruhi, termasuk peran dekomposer seperti *Sarcophaga* sp. dalam menguraikan materi organik agar kembali menjadi unsur yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain. Nilai keislaman tentang keteraturan ciptaan Allah SWT diperkuat oleh hadis berikut:

إِنَّ اللَّهَ كَتَبَ الإِحْسَانَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ

Artinya: "Sesungguhnya Allah mewajibkan berbuat ihsan (baik dan sempurna) dalam segala sesuatu." (HR. Muslim, no. 1955).

Hadis riwayat Muslim tersebut menegaskan bahwa setiap ciptaan memiliki fungsi yang tertata dan tidak terjadi secara sia-sia. Dalam ekosistem, keteraturan itu tercermin pada peran setiap komponen, termasuk organisme dekomposer yang membantu menjaga siklus materi tetap berlangsung.

Integrasi nilai kearifan lokal budaya Sunda dan nilai keislaman menunjukkan bahwa pemahaman ekosistem dan dekomposisi tidak hanya berkaitan dengan konsep ilmiah, tetapi juga menumbuhkan kesadaran akan pentingnya keseimbangan,

keteraturan, dan tanggung jawab dalam menjaga keberlangsungan alam sebagai bagian dari kehidupan.

G. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan oleh penulis sebagai referensi studi literatur yang berfungsi memperluas wawasan teoretis. Hal ini menjadi landasan penting dalam merancang dan melaksanakan penelitian. Beberapa penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan dan Analisa	Hasil Pengamatan
1.	Annisa, D. N. & Subiantoro, A. W. (2022)	*Mobile Augmented Reality in Socioscientific Issues-Based Learning: The Effectiveness on Students' Conceptual Knowledge and Socioscientific Reasoning* (Pemanfaatan *Mobile Augmented Reality* dalam Pembelajaran Berbasis Isu Sosiosaintifik: Efektivitas terhadap Pengetahuan Konseptual dan Penalaran Sosiosaintifik Peserta Didik)	SMA Negeri Yogyakarta	Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi eksperimen untuk menganalisis efektivitas pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik dengan bantuan mobile *Augmented Reality* (AR). Instrumen penelitian berupa tes pengetahuan konseptual dan penalaran sosiosaintifik. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *AR* secara signifikan meningkatkan pengetahuan konseptual dan kemampuan penalaran sosiosaintifik peserta didik. Lingkungan belajar yang imersif mendorong peserta didik untuk menganalisis informasi, mempertimbangkan bukti ilmiah, serta mengambil keputusan secara rasional.
2.	Musdalifah, Lumowa, S. V. T., & Rambitan, V. M. M. (2024)	*Development of Canva-Based Electronic Student Worksheet (E-LKPD) to Improve Student Biology Learning Outcomes*	SMA Negeri 1 Kaliorang	Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang menggunakan model ADDIE, meliputi tahap	Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis Canva layak digunakan dan efektif meningkatkan hasil belajar

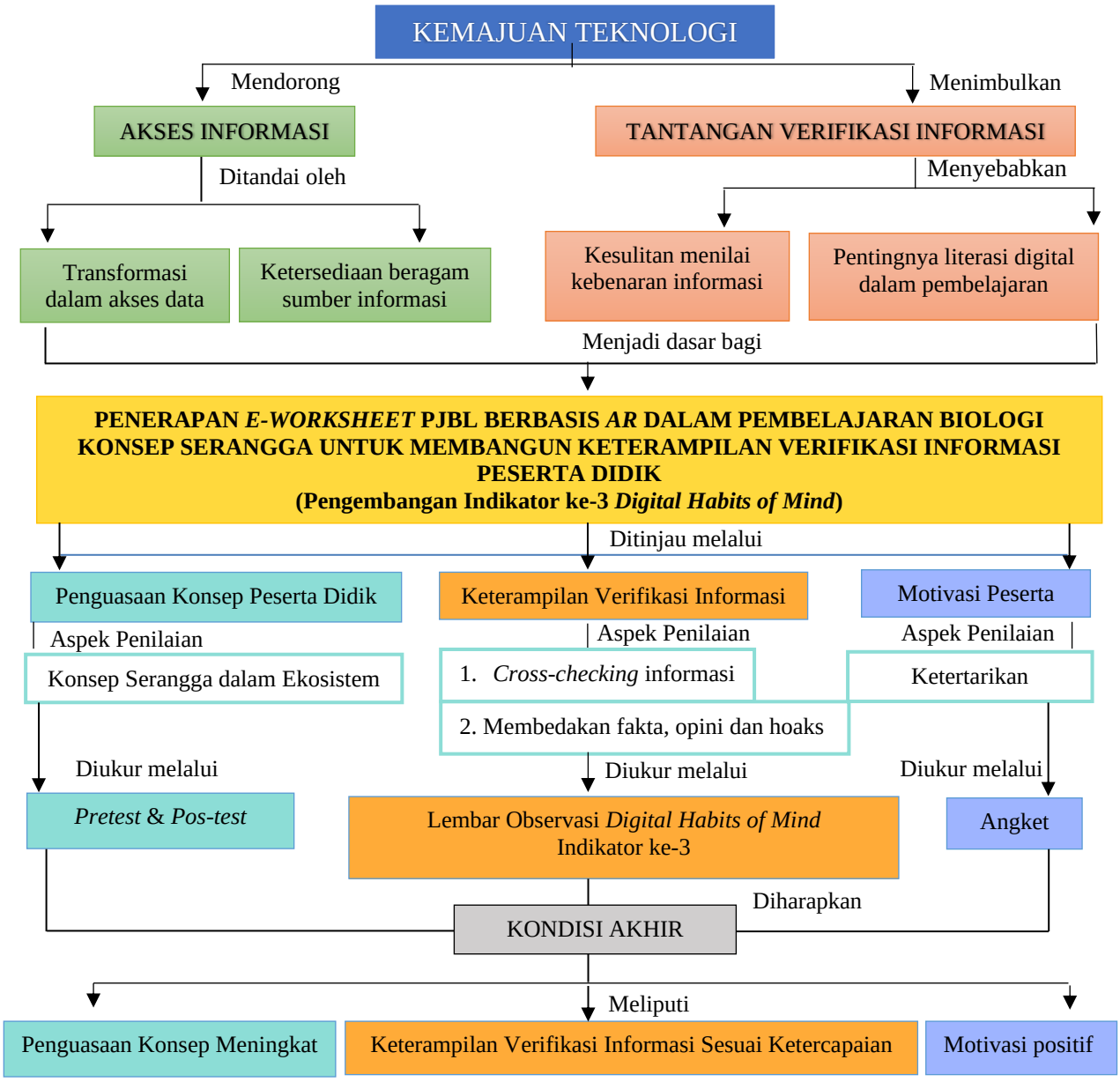
No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan dan Analisa	Hasil Pengamatan
		(Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Canva untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik)		analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Efektivitas E-LKPD dianalisis secara kuantitatif melalui perbandingan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan E-LKPD.	biologi peserta didik. *E-Worksheet* membantu peserta didik memahami materi secara mandiri dan sistematis melalui aktivitas analisis dan refleksi.
3.	Riana, F., Sunarto, & Mamangkey, J. (2024)	*Development of Student's Worksheet using Project-Based Learning (PJBL) on Ecosystem Concept for Class X SMA* (Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis *Project-Based Learning* (PJBL) pada Materi Ekosistem Kelas X SMA)	SMA Negeri 42 Jakarta	Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang mengintegrasikan model *Project-Based Learning* (PJBL) ke dalam lembar kerja peserta didik. Analisis dilakukan untuk menilai kelayakan dan efektivitas LKPD berbasis proyek terhadap aktivitas dan pemahaman konsep peserta didik.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD berbasis PJBL mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran serta mendorong kemampuan berpikir kritis melalui aktivitas pencarian informasi, analisis data, dan penyajian hasil proyek.

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan dan Analisa	Hasil Pengamatan
4.	Lu, S.-J., Chen, Y.-H., Huang, H., & Liu, Y.-C. (2022)	*The Role of Digital-Media-Based Pedagogical Aids in Elementary Entomology: An Innovative and Sustainable Approach* (Peran Media Pembelajaran Berbasis Digital dalam Pembelajaran Entomologi Dasar: Pendekatan Inovatif dan Berkelanjutan)	Pendidikan Dasar (Taiwan)	Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan eksperimental untuk menganalisis peran media pembelajaran berbasis digital dalam pembelajaran entomologi. Media digital digunakan untuk memvisualisasikan struktur dan peran serangga secara interaktif.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran digital membantu peserta didik memahami konsep entomologi secara lebih konkret. Visualisasi digital meningkatkan ketertarikan belajar serta mendukung proses pengamatan dan analisis ilmiah.
5.	Cerilla, R. M. & Callo, E. C. (2025)	*Inquiry-Based Education in Analyzing Social Media Reference towards Developing Civic Online Reasoning among Selected Senior High School Students* (Pembelajaran Berbasis Inkuiri dalam Menganalisis Referensi Media Sosial untuk	SMA Filipina	Penelitian ini menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri untuk melatih peserta didik dalam menganalisis referensi informasi yang bersumber dari media sosial. Analisis dilakukan dengan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri efektif meningkatkan kemampuan verifikasi informasi digital peserta didik. Peserta didik menjadi lebih kritis dalam menilai sumber daring, membandingkan informasi, serta memastikan keabsahan

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Pendekatan dan Analisa	Hasil Pengamatan
		Mengembangkan Kemampuan Penalaran dan Verifikasi Informasi Daring Peserta Didik SMA)		mengukur kemampuan peserta didik dalam mengevaluasi kredibilitas dan keakuratan informasi digital sebelum dan sesudah pembelajaran.	informasi sebelum digunakan.

H. Kerangka Berpikir

Berdasarkan kajian teori dan uraian yang telah dipaparkan, diperlukan kerangka berpikir untuk menggambarkan keterkaitan antar variabel yang disajikan dalam bentuk bagan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan kerangka berpikir yang ditunjukkan pada gambar 2.11, dapat dijelaskan bahwa perkembangan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 mengubah pola akses informasi peserta didik. Kemajuan teknologi digital mendorong transformasi dalam akses data serta ketersediaan sumber informasi yang semakin beragam, yang ditunjukkan melalui hadirnya berbagai *platform* digital seperti situs web ilmiah, *e-book*, jurnal online, media sosial, video pembelajaran, serta aplikasi edukasi yang dapat diakses secara bebas oleh peserta didik. Keberagaman sumber tersebut memungkinkan informasi diperoleh dalam berbagai bentuk, baik teks, audio, maupun visual, sehingga peserta didik dapat memperoleh informasi secara cepat dan luas melalui media digital (Nurdiyanti dkk., 2025, hlm. 174).

Kemudahan akses informasi diikuti oleh tantangan berupa kesulitan dalam menilai kebenaran informasi. Data Komdigi (2025, hlm. 47) menunjukkan bahwa sekitar 45,2% peserta didik belum mampu melakukan verifikasi informasi secara mandiri. Rendahnya kemampuan verifikasi berkaitan dengan pembelajaran yang masih berorientasi pada penguasaan konsep deklaratif, sehingga keterampilan berpikir kritis dan kebiasaan verifikasi informasi sebagai bagian dari *digital habits of mind* belum berkembang optimal (Bariroh dkk., 2024, hlm. 28). Penguatan literasi digital menjadi penting, tidak hanya berfokus pada akses informasi, tetapi juga pada kemampuan mengevaluasi dan membuktikan kebenaran informasi.

Penerapan pembelajaran melalui *e-worksheet* berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang dipadukan dengan *Augmented Reality* (AR) pada materi konsep serangga digunakan untuk menjawab kebutuhan pembelajaran. *E-worksheet* berperan sebagai bahan ajar digital yang interaktif dan terstruktur (Suryani & Rini, 2023, hlm. 160), PjBL melatih peserta didik dalam proses investigasi, analisis, dan penyusunan solusi berbasis proyek (Wijayanti & Budi, 2023, hlm. 112), sedangkan *AR* membantu memvisualisasikan objek secara konkret dalam bentuk tiga dimensi sehingga mendukung pemahaman konsep (Dendondi dkk., 2024, hlm. 298). Integrasi *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* mendorong peserta didik untuk mengakses, menganalisis, dan membuktikan informasi secara ilmiah sebagai bagian dari pengembangan indikator ke-3 *digital habits of mind*.

Tiga komponen utama dijadikan fokus penilaian. Pertama, penguasaan konsep peserta didik pada materi serangga dalam ekosistem sebagai dasar berpikir ilmiah. Pemahaman konsep yang baik memungkinkan peserta didik menilai dan membandingkan informasi secara lebih tepat (Odum & Barrett, 2022, hlm. 15; Dewi, 2024, hlm. 144). Kedua, keterampilan verifikasi informasi sebagai fokus utama penelitian, mencakup kemampuan melakukan pengecekan silang (*cross-checking*) antar sumber serta membedakan fakta, opini, dan informasi yang diragukan (Caulfield, 2020). Ketiga, penilaian motivasi peserta didik sebagai faktor pendorong yang tercermin dari ketertarikan, keterlibatan dalam mencari informasi, kenyamanan serta kesenangan dalam menyelesaikan tugas, sehingga keterampilan yang terbentuk dapat berkembang menjadi kebiasaan berpikir. (Pratiwi dkk., 2024, hlm. 56).

Pengukuran dilakukan menggunakan instrumen yang sesuai, meliputi tes (*pretest* dan *posttest*) untuk penguasaan konsep, lembar observasi *digital habits of mind* indikator ke-3 untuk keterampilan verifikasi informasi, serta angket untuk mengukur motivasi belajar peserta didik.

Hasil akhir yang diharapkan mencakup peningkatan penguasaan konsep peserta didik, berkembangnya keterampilan verifikasi informasi sesuai ketercapaian indikator, serta terbentuknya motivasi belajar yang tinggi. Pencapaian hasil diharapkan mendorong terbentuknya kebiasaan berpikir kritis dan berbasis bukti sebagai bagian dari *digital habits of mind* dalam pembelajaran Biologi.

I. Asumsi dan Hipotesis Penelitian

1. Asumsi Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada beberapa asumsi yang menjadi landasan pelaksanaan dan interpretasi hasil. Berikut asumsi yang dirumuskan dengan mempertimbangkan konteks pembelajaran berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* untuk materi peranan serangga dalam ekosistem di SMA Pasundan 2 Bandung:

Peserta didik memiliki akses yang memadai terhadap perangkat digital (komputer, tablet, atau *smartphone*) dan koneksi internet yang stabil untuk mendukung pembelajaran berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR*. Peserta didik telah menguasai

keterampilan dasar literasi digital, sehingga mampu berinteraksi dengan informasi digital dan memanfaatkan media pembelajaran interaktif secara optimal.

Proses pembelajaran berlangsung dalam lingkungan kelas yang terstruktur, dibimbing oleh guru, serta didukung oleh sistem pembelajaran yang kondusif. Materi mengenai serangga dalam ekosistem relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR*, karena konsepnya dapat diamati, dianalisis, dan divisualisasikan dalam bentuk digital maupun tiga dimensi.

Kerangka *digital habits of* mind, khususnya indikator keterampilan verifikasi informasi, sesuai untuk mendorong peserta didik berpikir kritis, menilai kebenaran informasi secara ilmiah, serta membiasakan mereka membedakan fakta, opini, dan informasi yang diragukan.

2. Hipotesis Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian empiris, penelitian ini terlebih dahulu merumuskan hipotesis sebagai dugaan awal yang akan diuji secara sistematis. Hipotesis disusun berdasarkan kajian teori, kerangka pemikiran, serta hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan. Melalui penyusunan hipotesis, diharapkan dapat diketahui apakah pembelajaran Biologi berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* memberikan kontribusi signifikan terhadap penguasaan konsep materi serangga, keterampilan verifikasi informasi sesuai indikator *digital habits of mind*, serta motivasi belajar peserta didik. Pengujian hipotesis dilakukan untuk memberikan dasar yang kuat dalam menarik kesimpulan yang valid dan objektif mengenai pengaruh integrasi media pembelajaran digital terhadap kemampuan peserta didik dalam menilai, menganalisis, dan membuktikan informasi secara ilmiah dalam konteks pembelajaran Biologi.

Hipotesis dirumuskan sebagai asumsi awal yang akan diuji secara empiris, dengan fokus pada pengaruh pembelajaran berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* terhadap penguasaan konsep, keterampilan verifikasi informasi, dan motivasi belajar peserta didik.

a. Hipotesis Nol (H0)

Pembelajaran Biologi berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penguasaan konsep materi serangga peserta didik.

Pembelajaran tersebut tidak meningkatkan keterampilan verifikasi informasi sesuai indikator *digital habits of mind*, maupun motivasi belajar peserta didik.

H0: Pembelajaran Biologi berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* tidak membangun keterampilan verifikasi informasi peserta didik.

b. Hipotesis Kerja (H1)

Pembelajaran Biologi berbasis *e-worksheet*, PjBL, dan *AR* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan penguasaan konsep materi serangga peserta didik. Pembelajaran ini membangun keterampilan verifikasi informasi sesuai indikator *digital habits of mind* dan meningkatkan motivasi belajar peserta didik, sehingga mendukung terbentuknya kebiasaan berpikir kritis dan berbasis bukti.

H1: Pembelajaran Biologi berbasis *e-worksheet*, PJBL, dan *AR* membangun keterampilan verifikasi informasi peserta didik.