BAB II
KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

Kajian teori merupakan landasan konseptual yang digunakan sebagai referensi dan penunjang penelitian. Dalam bagian ini dijabarkan berbagai teori dan konsep yang berkaitan dengan variabel penelitian guna memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap permasalahan yang diteliti. Adapun teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Penerapan *E-Worksheet* dalam Pembelajaran

Pembelajaran merupakan proses yang bertujuan mengembangkan pengetahuan sekaligus membentuk karakter peserta didik. Dalam ajaran Islam, pentingnya menuntut ilmu tercermin dalam Al-Qur'an surat Al-Mujadalah ayat 11. Ayat tersebut menunjukkan bahwa ilmu memiliki kedudukan penting dalam kehidupan manusia. Nilai ini sejalan dengan kearifan lokal masyarakat Sunda yang tercermin dalam prinsip *silih asah, silih asih, jeung silih asuh*, yaitu saling berbagi pengetahuan, saling menyayangi, dan saling membimbing dalam proses pembelajaran (Mulyani *et al*., 2024, hlm. 838). Nilai-nilai tersebut dapat diwujudkan melalui pembelajaran yang didukung oleh pemanfaatan berbagai media digital.

Pemanfaatan media digital dalam pembelajaran menjadi salah satu bentuk pengembangan pengajaran yang berorientasi pada peningkatan partisipasi aktif peserta didik dalam kegiatan pembelajaran (Aryanti *et al*., 2024, hlm. 207). Kehadiran media digital memberikan ruang bagi peserta didik untuk terlibat secara lebih aktif dalam proses pembelajaran. Salah satu media yang dapat dimanfaatkan yaitu *e-worksheet* (*electronic worksheet*). *E-worksheet* memfasilitasi peserta didik untuk terlibat aktif dalam berbagai aktivitas pembelajaran yang mendukung perkembangan aspek kognitif maupun psikomotorik. Adapun penjelasan mengenai *e-worksheet* sebagai berikut:

a. Pengertian *E-Worksheet*

E-worksheet merupakan lembar kerja peserta didik dalam bentuk digital yang digunakan untuk mendukung proses pembelajaran (Halhaji & Suhartini, 2024,

hlm. 338). Media ini dirancang agar dapat diakses melalui berbagai perangkat teknologi seperti komputer, tablet, maupun *smartphone* sehingga memudahkan peserta didik dalam mengikuti kegiatan pembelajaran secara lebih fleksibel. Penggunaan *e-worksheet* memungkinkan peserta didik mengakses materi pembelajaran melalui berbagai fitur digital. Pemanfaatan media ini juga membantu peserta didik mengikuti kegiatan pembelajaran secara lebih terarah karena setiap kegiatan telah disusun secara sistematis dalam lembar kerja tersebut (Cahyani *et al*., 2023, hlm. 19).

Kegiatan pembelajaran yang akan dilaksanakan menjadi acuan dalam pengembangan *e-worksheet.* Pengembangan *e-worksheet* dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian antara materi pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta karakteristik peserta didik agar lembar kerja yang digunakan dapat mendukung proses pembelajaran secara efektif (Huda, 2025, hlm. 19). Berbagai kegiatan pembelajaran yang disajikan secara terstruktur dapat membantu peserta didik memahami materi secara bertahap dan lebih terarah. Adapun tampilan *e-worksheet* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Tampilan E-Worksheet* PjBL Berbasis AR
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

E-worksheet memanfaatkan berbagai fitur digital yang mendukung penyampaian materi pembelajaran. Fitur tersebut dapat berupa gambar, video, tautan sumber belajar, maupun kolom penugasan yang memungkinkan peserta

didik menuliskan jawaban secara langsung pada lembar kerja digital (Wahab *et al*., 2025, hlm. 219). Penggunaan berbagai fitur tersebut membantu penyajian materi menjadi lebih jelas dan mudah dipahami oleh peserta didik. Lolita *et al*. (2025, hlm. 289) menyatakan bahwa media yang memanfaatkan unsur visual dan audio dapat membantu peserta didik mengamati informasi pembelajaran secara lebih konkret sehingga berdampak pada peningkatan prestasi belajar.

Keberadaan berbagai fitur digital dalam *e-worksheet* mendukung pelaksanaan kegiatan pembelajaran secara lebih terorganisasi. Peserta didik dapat mempelajari materi yang disajikan, mengamati media pendukung, serta mengerjakan tugas yang tersedia melalui perangkat yang digunakan (Rumasoreng *et al*., 2023, hlm. 73). Fitur digital yang terdapat dalam *e-worksheet* juga memungkinkan penyimpanan hasil pekerjaan peserta didik sehingga memudahkan guru dalam melakukan pemeriksaan dan penilaian hasil belajar (Rangkuti & Jalal, 2025, hlm. 355). Keberadaan berbagai fitur digital pada *e-worksheet* menjadikan media ini tidak hanya membantu peserta didik dalam mengikuti pembelajaran, tetapi juga mempermudah guru dalam menilai hasil belajar.

b. Manfaat Penggunaan *E-Worksheet* dalam Pembelajaran

Penerapan *e-worksheet* dalam pembelajaran memberikan berbagai manfaat yang dapat mendukung keterlibatan peserta didik serta meningkatkan efektivitas proses pembelajaran. *E-worksheet* dirancang dengan memanfaatkan teknologi digital sehingga mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan fleksibel. Melalui berbagai fitur yang tersedia, *e-worksheet* tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian materi, tetapi juga sebagai media yang dapat memfasilitasi aktivitas belajar peserta didik secara lebih aktif dan terarah. Menurut Putri & Amini (2021, hlm. 68) *e-worksheet* memiliki beberapa keunggulan yang mendukung pelaksanaan pembelajaran diantaranya:

1) Interaktif

E-worksheet memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara langsung dalam kegiatan pembelajaran melalui berbagai aktivitas yang disajikan di dalamnya. Pemanfaatan *e-worksheet* dalam pembelajaran memungkinkan peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga melakukan berbagai kegiatan belajar seperti mengamati materi, menjawab

pertanyaan, serta menyelesaikan tugas yang telah dirancang secara sistematis. Proses tersebut mendorong peserta didik untuk lebih memahami konsep yang dipelajari. Penyajian aktivitas yang variatif juga dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar peserta didik, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik, terarah, dan efektif dalam membantu mencapai tujuan pembelajaran.

2) Mudah Digunakan

E-worksheet dapat diakses melalui jaringan internet dengan menggunakan berbagai perangkat digital, seperti komputer, laptop, atau *smartphone*. Kemudahan tersebut memungkinkan peserta didik memperoleh materi pembelajaran sekaligus mengerjakan berbagai aktivitas belajar yang tersedia dalam *e-worksheet*. Materi dan tugas yang disajikan dapat dipelajari serta diselesaikan secara lebih praktis sesuai dengan tujuan pembelajaran. *E-worksheet* juga dapat diakses oleh peserta didik kapan saja dan di mana saja tanpa harus berada di ruang kelas.

3) Dilengkapi Multimedia

Pemanfaatan teknologi multimedia menjadi salah satu karakteristik dalam *e-worksheet* yang mendukung penyajian materi pembelajaran. Gambar digunakan untuk menampilkan ilustrasi atau contoh yang berkaitan dengan materi sehingga membantu peserta didik memahami konsep secara visual. Video dapat menyajikan proses atau fenomena tertentu yang berkaitan dengan materi pembelajaran sehingga informasi dapat diamati dengan lebih jelas. Teknologi *Augmented Reality* (AR) juga digunakan untuk menampilkan objek pembelajaran dalam bentuk tiga dimensi sehingga peserta didik dapat mengamati materi secara lebih interaktif.

4) Evaluasi Otomatis

E-worksheet memuat latihan dan soal evaluasi yang disusun untuk menilai pemahaman peserta didik terhadap materi yang dipelajari. Kegiatan evaluasi tersebut membantu peserta didik mengaplikasikan konsep yang telah dipelajari melalui penyelesaian berbagai tugas yang tersedia. Hasil pengerjaan tugas peserta didik dapat digunakan oleh guru untuk mengetahui tingkat penguasaan materi yang telah dipelajari. Melalui evaluasi tersebut, guru dapat menilai hasil belajar sekaligus mengidentifikasi bagian materi yang masih memerlukan penguatan dalam proses pembelajaran.

5) Ukuran File Relatif Kecil

E-worksheet umumnya memiliki ukuran file yang relatif kecil sehingga dapat diunduh dan digunakan pada berbagai perangkat digital dengan kapasitas penyimpanan terbatas. Ukuran file yang ringan memudahkan proses pengunduhan serta penyimpanan pada perangkat yang digunakan oleh peserta didik. Hal tersebut juga mendukung efisiensi distribusi media ajar melalui berbagai platform pembelajaran digital. Dengan demikian, pemanfaatan *e-worksheet* dapat diakses secara lebih praktis dan fleksibel dalam kegiatan pembelajaran.

6) Mudah Dikembangkan

E-worksheet memiliki fleksibilitas dalam proses pengembangan, sehingga isi dan bentuk penyajiannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran. Materi, aktivitas, serta bentuk tugas yang disajikan dapat diperbarui atau dimodifikasi oleh pendidik sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Proses penyesuaian tersebut memungkinkan bahan ajar diselaraskan dengan tingkat kemampuan, karakteristik, dan kebutuhan belajar peserta didik. Fleksibilitas tersebut menjadikan *e-worksheet* lebih adaptif dalam mendukung pelaksanaan proses pembelajaran.

c. Sejarah Perkembangan Media Pembelajaran Digital dan *E-Worksheet*

Perkembangan media pembelajaran berbasis digital dalam pendidikan dimulai sejak tahun 1960-an ketika komputer mulai dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran. Penggunaan komputer pada periode tersebut digunakan untuk menyampaikan materi dan latihan secara sederhana melalui program pembelajaran berbasis komputer. Perkembangan media pembelajaran digital berlanjut pada tahun 1970-an melalui penggunaan kaset dan *Video Home System* (VHS) yang memungkinkan penyajian materi dalam bentuk audio dan video (Hendra *et al*., 2023, hlm. 3). Pemanfaatan teknologi ini memberikan alternatif baru dalam penyampaian materi pembelajaran sehingga peserta didik tidak hanya memperoleh informasi secara tekstual, tetapi juga melalui media visual dan audiovisual.

Perkembangan media pembelajaran terus berlanjut hingga tahun 2000-an dengan munculnya teknologi *mobile learning* yang memungkinkan akses materi pembelajaran melalui perangkat *mobile* seperti *smartphone* dan tablet (Hendra *et*

al., 2023, hlm. 4). Perkembangan teknologi digital tersebut kemudian mendorong lahirnya berbagai inovasi bahan ajar berbasis teknologi dalam dunia pendidikan, salah satunya lembar kerja peserta didik elektronik atau *e-worksheet*. *E-worksheet* merupakan pengembangan dari lembar kerja konvensional yang sebelumnya disajikan dalam bentuk cetak. Bentuk digital dari lembar kerja ini memungkinkan penyajian materi yang lebih variatif karena dapat memuat berbagai unsur multimedia seperti gambar, video, animasi, serta latihan interaktif yang dapat membantu peserta didik memahami materi pembelajaran secara lebih efektif.

d. Penggunaan *E-Worksheet* dalam Pembelajaran

Penggunaan *e-worksheet* dalam pembelajaran dilakukan dengan memanfaatkan perangkat digital seperti komputer, laptop, tablet, maupun *smartphone* yang terhubung dengan jaringan internet. Peserta didik dapat mengakses *e-worksheet* melalui platform pembelajaran atau tautan yang disediakan oleh pendidik sehingga materi dan aktivitas pembelajaran dapat dipelajari secara fleksibel. Melalui *e-worksheet*, peserta didik dapat membaca materi, mengamati media pembelajaran, serta mengerjakan berbagai kegiatan belajar secara langsung dalam satu media digital yang terintegrasi. Menurut Hizqiyah *et al*. (2025, hlm. 25), mengemukakan bahwa terdapat beberapa komponen yang terdapat dalam *e-worksheet* diantaranya:

1) Petunjuk Penggunaan *E-Worksheet*

Petunjuk penggunaan *e-worksheet* merupakan panduan bagi peserta didik dalam menggunakan *e-worksheet* selama kegiatan pembelajaran. Petunjuk ini memuat informasi mengenai langkah-langkah penggunaan *e-worksheet* agar peserta didik dapat memahami cara mengakses dan memanfaatkan setiap bagian yang tersedia. Dengan petunjuk yang jelas dapat membantu peserta didik mengikuti alur kegiatan pembelajaran secara lebih terarah.

2) Topik & Capaian Pembelajaran

Topik dan capaian pembelajaran merupakan bagian yang menjelaskan ruang lingkup materi yang akan dipelajari serta kompetensi yang diharapkan dapat dicapai oleh peserta didik setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran dalam *e-worksheet*. Pada bagian ini juga dijelaskan komponen pendukung pembelajaran

seperti alat dan bahan yang digunakan, model pembelajaran, serta metode yang diterapkan dalam kegiatan pembelajaran.

3) Pendahuluan

Pendahuluan memberikan gambaran awal mengenai materi yang akan dipelajari dalam *e-worksheet*. Penyajian pendahuluan bertujuan untuk memperkenalkan topik pembelajaran serta memberikan konteks yang berkaitan dengan materi yang akan dibahas. Pendahuluan yang terdapat dalam *e-worksheet* juga berfungsi untuk membangun ketertarikan peserta didik terhadap topik yang dipelajari.

4) Materi Singkat Pembelajaran

Materi pembelajaran memuat penjelasan konsep dan informasi yang berkaitan dengan peranan serangga dalam ekosistem. Penyajian materi disusun secara sistematis agar peserta didik dapat memahami alur pembahasan dengan lebih jelas. Materi yang disajikan dalam *e-worksheet* membahas tentang peran serangga dalam ekosistem sehingga peserta didik dapat memahami fungsi serangga dalam menjaga keseimbangan lingkungan serta keterkaitannya dengan komponen ekosistem lainnya.

5) Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan pembelajaran merupakan bagian yang berisi lembar kerja peserta didik (LKPD) dalam bentuk berbagai pertanyaan atau tugas yang harus dikerjakan selama proses pembelajaran. Kegiatan ini dirancang sesuai dengan sintaks *project based learning* (PjBL) dan dapat memanfaatkan teknologi AR dalam pembelajaran. Aktivitas yang terdapat pada bagian ini bertujuan untuk mendorong peserta didik melakukan pengamatan, analisis, pemecahan masalah, serta mengembangkan keterampilan pencarian informasi (*search skill*) melalui kegiatan belajar yang lebih interaktif.

6) Glosarium

Bagian glosarium memuat daftar istilah penting yang digunakan dalam materi pembelajaran serta dilengkapi dengan keterangan maknanya. Istilah yang disajikan berkaitan dengan konsep utama yang dibahas dalam materi sehingga membantu peserta didik memahami penggunaan istilah secara tepat. Penyusunan glosarium memberikan penjelasan terhadap istilah yang bersifat khusus atau kurang

umum dalam pembelajaran. Penjelasan istilah yang disajikan membantu memperjelas makna konsep yang dipelajari oleh peserta didik.

7) Daftar Pustaka

Daftar pustaka memuat sumber-sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan *e-worksheet*, seperti buku, jurnal, artikel ilmiah, maupun sumber ilmiah lainnya. Pencantuman daftar pustaka menunjukkan bahwa materi yang disusun didasarkan pada rujukan yang relevan dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Bagian ini mendukung penyusunan *e-worksheet* yang bersifat sistematis serta memiliki landasan ilmiah yang jelas.

e. Kelebihan dan Kekurangan Penerapan *E-Worksheet* dalam Pembelajaran

Penggunaan *e-worksheet* dalam pembelajaran memiliki berbagai kelebihan karena mampu mengintegrasikan teknologi digital dengan aktivitas belajar peserta didik. *E-worksheet* memungkinkan penyajian materi secara lebih interaktif melalui kombinasi teks, gambar, video, animasi, dan aktivitas digital sehingga dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Penelitian yang dilakukan Fitriana & Savitri (2023, hlm. 38) menunjukkan bahwa penggunaan *e-worksheet* dapat membantu meningkatkan motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis, serta keterampilan pemecahan masalah peserta didik karena aktivitas belajar disusun secara sistematis dan mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran.

Terlepas dari berbagai kelebihan yang dimiliki, penggunaan *e-worksheet* juga memiliki beberapa kekurangan dalam proses pembelajaran. Salah satu kekurangan dalam penggunaan *e-worksheet* melalui perangkat *smartphone* yaitu, potensi distraksi yang dapat mengurangi konsentrasi peserta didik karena adanya fitur lain pada perangkat *smartphone* (Pribadi *et al.*, 2025, hlm. 378). Pemanfaatan *e-worksheet* juga menuntut kemampuan literasi digital dari pendidik dan peserta didik. Penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi memerlukan keterampilan dalam mengoperasikan perangkat serta memahami platform digital yang digunakan.

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

Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam merancang serta melaksanakan proses pembelajaran secara

sistematis (Halimaini *et al*., 2025, hlm. 1.863). Kerangka tersebut menggambarkan pola interaksi antara pendidik, peserta didik, sumber belajar, serta langkah-langkah kegiatan pembelajaran yang dirancang untuk mencapai tujuan pendidikan. Nurjannah & Sukiman (2025, hlm. 450) menyatakan bahwa penggunaan model pembelajaran inovatif efektif dalam meningkatkan keterlibatan peserta didik, sehingga berdampak positif terhadap hasil belajar.

Pandangan pendidikan dalam perspektif Islam turut menekankan pentingnya penggunaan pendekatan yang tepat dalam proses penyampaian ilmu pengetahuan. Proses pendidikan dimaknai sebagai upaya membimbing manusia agar berkembang secara intelektual, spiritual, dan sosial melalui cara yang bijaksana. Prinsip tersebut tercermin dalam QS An-Nahl ayat 125 yang menjelaskan bahwa penyampaian ajaran hendaknya dilakukan dengan hikmah serta pengajaran yang baik. Penjelasan tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran memerlukan metode atau model yang sesuai agar pengetahuan dapat dipahami dengan baik sekaligus membentuk karakter peserta didik (Rahayu *et al*., 2023, hlm. 288).

Perkembangan transformasi pendidikan mendorong munculnya berbagai model pembelajaran yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam kegiatan belajar. *Project Based Learning* (PjBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang banyak digunakan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah. Menurut Hasanah & Chamdani (2025, hlm. 515), mengungkapkan bahwa model PjBL merupakan pendekatan pembelajaran yang memanfaatkan penugasan proyek sebagai kegiatan utama dalam proses belajar. Model PjBL menekankan pengembangan kemampuan dan keterampilan belajar peserta didik melalui serangkaian aktivitas, seperti perencanaan, pelaksanaan penelitian, dan penyusunan produk yang dilaksanakan dalam bentuk proyek.

Implementasi model PjBL perlu direncanakan secara sistematis agar dapat memberikan hasil yang optimal dalam proses pembelajaran. Perencanaan yang matang memungkinkan kegiatan pembelajaran berjalan terarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Nasution *et al*. (2022, hlm. 70) menyatakan bahwa implementasi PjBL yang dirancang secara cermat melalui serangkaian kegiatan yang terstruktur dapat membantu peserta didik mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan dalam proses pembelajaran.

Pelaksanaan pembelajaran dengan model PjBL dilakukan melalui tahapan kegiatan yang sistematis agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara terarah. Tahapan tersebut dikenal sebagai sintaks PjBL yang menjadi pedoman dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran berbasis proyek. Penerapan sintaks ini membantu peserta didik terlibat secara aktif dalam proses penyelidikan, pemecahan masalah, serta pengembangan produk sebagai hasil dari kegiatan belajar. Adapun sintaks PjBL meliputi beberapa tahapan kegiatan sebagai berikut (Raharjo *et al.*, 2022, hlm. 106):

a. Penentuan Pertanyaan Mendasar

Penentuan pertanyaan mendasar menjadi dasar dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek. Pertanyaan dirancang oleh guru dengan mengacu pada permasalahan nyata yang berkaitan dengan materi pembelajaran. Pertanyaan tersebut bersifat terbuka sehingga mendorong peserta didik melakukan penyelidikan, mencari informasi, serta mengembangkan pemikiran kritis. Keberadaan pertanyaan mendasar membantu peserta didik memahami fokus proyek yang akan dikerjakan serta tujuan pembelajaran yang ingin dicapai.

b. Mendesain Perencanaan Proyek

Perencanaan proyek memuat rancangan kegiatan yang akan dilakukan selama proses pembelajaran. Guru bersama peserta didik menentukan bentuk proyek, langkah kerja, sumber belajar yang diperlukan, serta produk yang akan dihasilkan. Perencanaan yang jelas memberikan gambaran mengenai proses penyelesaian proyek sehingga peserta didik dapat memahami tugas dan tanggung jawab yang harus dilaksanakan.

c. Menyusun Jadwal

Penyusunan jadwal berkaitan dengan pengaturan waktu pelaksanaan setiap kegiatan dalam proyek. Guru dan peserta didik menetapkan waktu pengerjaan, batas penyelesaian tugas, serta tahapan kegiatan yang harus dilakukan. Jadwal yang tersusun secara sistematis membantu peserta didik mengelola kegiatan belajar secara lebih teratur sehingga proyek dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

d. Memonitor dan Kemajuan Proyek

Pemantauan terhadap aktivitas peserta didik dilakukan selama proses pengerjaan proyek berlangsung. Guru mengamati keterlibatan peserta didik, memberikan arahan ketika ditemukan kesulitan, serta memastikan kegiatan proyek berjalan sesuai dengan rencana. Pemantauan juga bertujuan untuk mengetahui perkembangan proyek serta tingkat pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran.

e. Menguji Hasil

Pengujian hasil dilakukan terhadap produk atau karya yang dihasilkan dalam kegiatan proyek. Peserta didik mempresentasikan hasil pekerjaan kepada guru maupun teman sekelas untuk memperoleh tanggapan dan penilaian. Guru menilai kualitas produk serta proses yang telah dilakukan selama pelaksanaan proyek.

f. Mengevaluasi Pengalaman

Evaluasi pengalaman dilakukan melalui kegiatan refleksi terhadap proses pembelajaran yang telah dilaksanakan. Guru dan peserta didik meninjau kembali kegiatan proyek, mengidentifikasi keberhasilan, serta membahas kendala yang muncul selama proses pembelajaran. Kegiatan refleksi membantu peserta didik memahami pengalaman belajar yang telah diperoleh serta menjadi bahan perbaikan dalam pelaksanaan pembelajaran pada kesempatan berikutnya.

Pelaksanaan pembelajaran dengan mengikuti sintaks dalam model PjBL memberikan berbagai dampak positif bagi peserta didik. Cyndiani *et al*. (2023, hlm. 160) menyatakan bahwa model PjBL memiliki berbagai keunggulan yang dapat mendukung proses belajar peserta didik. Keunggulan model PjBL dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Meningkatkan motivasi belajar karena peserta didik terlibat secara langsung dalam kegiatan penyelesaian proyek.
b. Mendorong peserta didik menjadi lebih aktif dalam proses pembelajaran melalui berbagai kegiatan eksplorasi dan penyelidikan.
c. Melatih kemampuan peserta didik dalam memecahkan permasalahan yang kompleks melalui kegiatan proyek.
d. Meningkatkan kemampuan kolaborasi peserta didik melalui kegiatan kerja kelompok.

e. Memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata karena peserta didik terlibat dalam proses perencanaan, pelaksanaan, hingga pengorganisasian proyek sebagai bagian dari kegiatan pembelajaran.

Selain memiliki berbagai keunggulan, Laila *et al*. (2024, hlm. 330) memaparkan bahwa terdapat beberapa kelemahan dari penggunaan model PjBL. Kelemahan model PjBL antara lain:

a. Pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek memerlukan waktu yang relatif lama agar proyek dapat berjalan dengan baik serta peserta didik dapat memahami materi pembelajaran secara optimal.
b. Proses penilaian individu menjadi lebih sulit dilakukan karena kegiatan pembelajaran dilaksanakan dalam bentuk kerja kelompok.
c. Tidak terdapat jaminan bahwa setiap anggota kelompok berkontribusi secara aktif dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.
d. Kegiatan kerja kelompok berpotensi menimbulkan ketidakmerataan dalam proses pengerjaan tugas maupun tingkat pemahaman materi pada masing-masing peserta didik.

Penerapan model PjBL dalam kegiatan pembelajaran menekankan keterlibatan aktif serta kerja sama antar peserta didik. Kegiatan proyek yang dilaksanakan secara berkelompok mendorong peserta didik untuk saling berinteraksi, bertukar gagasan, serta bekerja sama dalam menyelesaikan tugas pembelajaran. Kegiatan kerja sama yang terbentuk dalam pembelajaran berbasis proyek memiliki keselarasan dengan nilai kearifan lokal dalam budaya Sunda yang tercermin dalam salah satu *paribasa* Sunda yaitu, "*ka cai jadi saleuwi, ka darat jadi salogak*."

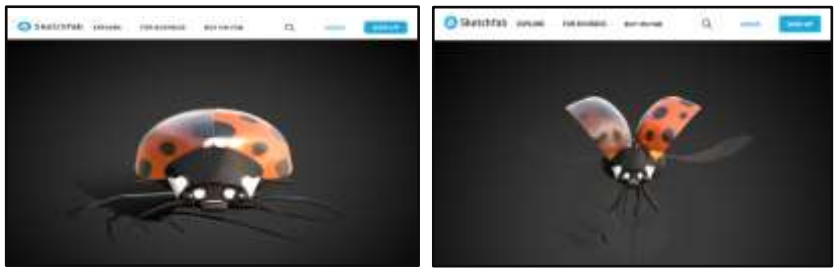
Paribasa Sunda "*ka cai jadi saleuwi, ka darat jadi salogak*" menggambarkan nilai kebersamaan dalam kehidupan masyarakat. Ungkapan "*ka cai jadi saleuwi"* menunjukkan bahwa air yang berkumpul akan membentuk aliran yang lebih besar dan kuat. Makna tersebut berkaitan dengan kalimat selanjutnya, yaitu "ka darat jadi salogak" yang menggambarkan tanah yang terkumpul hingga membentuk gundukan yang lebih kokoh. *Paribasa* Sunda ini menegaskan bahwa persatuan dan kerja sama menjadikan suatu kelompok lebih kuat dalam mencapai tujuan bersama.

Nilai kebersamaan ini sejalan dengan karakteristik pembelajaran pada model PjBL yang menuntut peserta didik bekerja secara kolaboratif dalam merencanakan, melaksanakan, serta menyelesaikan proyek pembelajaran. Kegiatan tersebut tidak hanya membantu peserta didik memahami materi pembelajaran, tetapi juga mendorong berkembangnya sikap kerja sama, tanggung jawab, serta saling menghargai dalam proses belajar. Penerapan model PjBL menunjukkan keterkaitan dengan nilai kearifan lokal dalam budaya Sunda yang menekankan pentingnya kebersamaan dan kerja sama dalam mencapai tujuan bersama.

3. Penerapan *Augmented Reality* (AR) dalam Pembelajaran

Perkembangan inovasi teknologi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap dunia pendidikan. Kemajuan teknologi menghadirkan berbagai sistem yang mendukung proses pengolahan data, penyajian informasi, serta pengelolaan materi pembelajaran secara lebih efektif (Aryanti *et al*., 2024, hlm. 135). Perkembangan tersebut kemudian menghadirkan berbagai teknologi baru dalam pembelajaran, salah satunya adalah teknologi AR yang mampu menyajikan informasi secara lebih interaktif dan kontekstual.

Teknologi AR merupakan teknologi yang mengintegrasikan lingkungan nyata dengan objek virtual yang ditampilkan secara langsung melalui perangkat digital (Brahmana *et al*., 2025, hlm. 1.065). Teknologi ini memungkinkan pengguna melihat objek digital berupa model tiga dimensi, animasi, atau informasi tambahan yang muncul pada lingkungan nyata sehingga menciptakan pengalaman visual yang lebih interaktif. Pemanfaatan AR dalam bidang pendidikan membantu peserta didik memahami konsep yang bersifat abstrak melalui representasi visual yang lebih konkret dan mudah diamati (Monikasari *et al*., 2026, hlm. 12). Adapun model kepik 3D AR yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tampilan Model Kepik 3D AR
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Pemanfaatan teknologi AR dalam pembelajaran memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memperoleh pengalaman belajar yang lebih aktif dan eksploratif. Media pembelajaran berbasis AR mampu menampilkan objek atau fenomena yang sulit diamati secara langsung di ruang kelas. Visualisasi tersebut membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual secara lebih jelas serta meningkatkan keterlibatan selama proses pembelajaran berlangsung. Penelitian Sansena *et al*. (2025, hlm. 31) menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan motivasi belajar serta membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam dibandingkan penggunaan media konvensional.

Pengembangan media pembelajaran AR umumnya memanfaatkan perangkat lunak pengembangan seperti Unity yang dipadukan dengan *Software Development Kit* (SDK) (Nurrisma *et al*., 2025, hlm. 260). Sistem tersebut memungkinkan perangkat mengenali gambar tertentu sebagai penanda atau *marker* yang berfungsi untuk memunculkan objek virtual ketika terdeteksi oleh kamera perangkat. *Marker* berperan sebagai pemicu munculnya model tiga dimensi atau informasi digital yang berkaitan dengan materi pembelajaran. Penelitian yang dilakukan oleh Wulandari *et al*. (2025, hlm. 2) menunjukkan bahwa penggunaan AR berbasis *marker* dapat meningkatkan interaksi peserta didik terhadap materi pembelajaran karena objek dapat diamati dari berbagai sudut pandang secara lebih jelas.

Namun, AR yang digunakan dalam penelitian ini berbasis model tiga dimensi yang diakses melalui platform Sketchfab, yaitu sebuah platform berbasis web yang memungkinkan pengguna menampilkan dan mengamati model 3D secara interaktif langsung melalui peramban tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Pemilihan media berbasis web ini didasarkan pada hasil wawancara dengan guru mata pelajaran yang memaparkan bahwa aksesibilitas menjadi pertimbangan utama dalam proses pembelajaran. Media berbasis web dinilai lebih praktis dan fleksibel karena dapat diakses oleh peserta didik melalui berbagai perangkat seperti laptop, perangkat android, maupun iOS. Hal ini berbeda dengan aplikasi AR yang harus diinstal terlebih dahulu sehingga berpotensi membatasi kemudahan akses dan penggunaan di lingkungan belajar yang beragam.

Penerapan teknologi dalam proses pembelajaran memiliki keselarasan dengan ajaran Islam yang mendorong manusia untuk berpikir dan mengembangkan pengetahuan. Hal tersebut tercermin dalam firman Allah Swt. pada QS Az-Zumar ayat 9 yang menyatakan bahwa tidak akan sama antara orang yang mengetahui dengan orang yang tidak mengetahui. Ayat tersebut mengandung makna bahwa pengetahuan memiliki kedudukan yang tinggi dalam kehidupan manusia. Upaya memanfaatkan teknologi pembelajaran dapat menjadi sarana untuk meningkatkan pemahaman terhadap ilmu pengetahuan serta mendorong peserta didik untuk terus belajar dan mengembangkan wawasan.

Pemanfaatan media AR dalam pembelajaran juga memiliki keterkaitan dengan nilai kearifan lokal masyarakat Sunda yang menekankan kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap berbagai keadaan. Nilai tersebut tercermin dalam *paribasa* Sunda, yakni "*kudu bisa kabulu kabale*" yang menggambarkan bahwa seseorang perlu memiliki kemampuan beradaptasi dalam berbagai situasi. Penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran menuntut peserta didik maupun pendidik untuk mampu menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi yang terus berubah sehingga proses pembelajaran dapat berlangsung secara lebih efektif dan relevan dengan perkembangan zaman.

4. Keterampilan Pencarian Informasi (*Search Skill*)

Perkembangan teknologi informasi pada era digital mempercepat penyebaran informasi di berbagai bidang kehidupan. Fenomena tersebut mengharuskan peserta didik berhadapan dengan berbagai sumber informasi dalam skala besar dan beragam. Beragamnya informasi yang tersedia menjadi tantangan tersendiri bagi peserta didik dalam menemukan informasi yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran. Sejalan dengan hal tersebut, Oktaria *et al*. (2025, hlm. 34) menegaskan bahwa peserta didik perlu memiliki keterampilan dalam menelusuri dan memilih informasi secara tepat agar informasi yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

Keterampilan pencarian informasi (*search skill*) merupakan kemampuan dalam menelusuri, menemukan, serta memanfaatkan informasi secara tepat untuk mendukung proses penyelesaian masalah dan pengambilan keputusan (Rahwal & Ardoni, 2023, hlm. 27). Keterampilan ini dapat dipahami sebagai kemampuan

individu untuk memperoleh informasi yang diperlukan melalui tahapan yang terstruktur dan sistematis. Penguasaan keterampilan pencarian (*search skill*) membantu peserta didik memperoleh informasi yang relevan sehingga dapat digunakan untuk memahami suatu permasalahan maupun menemukan solusi yang tepat dalam kegiatan pembelajaran.

Pembelajaran abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan pencarian informasi (*search skill*) sebagai bagian integral dari literasi informasi (Wakhidah *et al*., 2022, hlm. 251). Literasi informasi mencakup kemampuan mengenali kebutuhan informasi, menyusun strategi pencarian, menemukan sumber yang relevan, serta memanfaatkan informasi secara efektif. Proses pencarian informasi melibatkan tahapan berpikir yang sistematis mulai dari perumusan kebutuhan informasi hingga evaluasi terhadap hasil pencarian yang memengaruhi keberhasilan memperoleh informasi untuk tujuan pembelajaran maupun penelitian (Putri *et al*., 2024, hlm. 189). Menurut Wibowo *et al*. (2021, hlm. 39), menyatakan bahwa proses pencarian informasi melibatkan beberapa tahapan yang berkaitan dengan kemampuan pengguna dalam merumuskan kebutuhan informasi serta memanfaatkan media pencarian yang tersedia. Adapun tahapan kegiatan pencarian informasi meliputi beberapa langkah berikut:

a. Merumuskan Pertanyaan Pencarian

Tahap ini berkaitan dengan kemampuan dalam mengidentifikasi kebutuhan informasi kemudian merumuskannya dalam bentuk pertanyaan atau kata kunci yang jelas. Perumusan pertanyaan yang tepat membantu proses pencarian informasi menjadi lebih terarah sesuai dengan topik yang dibutuhkan.

b. Menggunakan Mesin Pencarian

Tahap ini dilakukan dengan memanfaatkan mesin pencarian di internet untuk menemukan berbagai sumber literatur atau informasi yang berkaitan dengan topik yang dicari. Penggunaan mesin pencarian membantu memperoleh informasi awal yang relevan dengan kebutuhan.

Keberhasilan literasi informasi sangat bergantung pada strategi penelusuran informasi yang diterapkan. Strategi yang tepat akan membantu peserta didik menavigasi tahapan pencarian secara lebih sistematis sehingga informasi yang diperoleh menjadi lebih relevan dan akurat. Ellis, Cox, dan Hall dalam Nasrulloh *et*

al. (2021, hlm. 171) menjelaskan bahwa proses penelusuran informasi berlangsung melalui serangkaian kegiatan yang terdiri dari 8 fase berikut:

a. *Starting*

Fase *starting* merupakan tahap awal pencarian informasi. Tahap ini ditandai dengan penentuan topik atau masalah yang akan ditelusuri serta perumusan kata kunci yang relevan. Pemilihan kata kunci yang tepat membantu proses pencarian berlangsung lebih terarah sehingga informasi yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan.

b. *Chaining*

Fase *chaining* merupakan tahap penelusuran informasi dengan memanfaatkan keterkaitan antar sumber. Penelusuran dilakukan melalui referensi yang terdapat pada suatu sumber, seperti daftar pustaka, sitasi, atau tautan yang mengarah pada sumber lain yang relevan. Tahap ini memungkinkan diperolehnya informasi tambahan yang berkaitan dengan topik yang ditelusuri.

c. *Browsing*

Fase *browsing* merupakan tahap eksplorasi berbagai sumber informasi secara umum. Penelusuran dilakukan dengan membaca secara sekilas, menelaah bagian-bagian penting dari sumber, atau meninjau judul dan abstrak. Kegiatan tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi sumber yang memuat informasi yang dibutuhkan.

d. *Differentiating*

Fase *differentiating* merupakan kegiatan membedakan berbagai sumber informasi yang telah ditemukan. Pada tahap ini dilakukan penyaringan informasi berdasarkan kualitas rujukan serta kesesuaiannya dengan kebutuhan informasi. Proses ini bertujuan agar informasi yang digunakan berasal dari sumber yang tepat dan relevan.

e. *Monitoring*

Fase *monitoring* merupakan tahap pengawasan terhadap proses pencarian informasi. Evaluasi dilakukan terhadap strategi pencarian yang digunakan, termasuk penggunaan kata kunci dan pemilihan sumber informasi. Apabila hasil pencarian belum sesuai, strategi dapat disesuaikan agar proses penelusuran menjadi lebih efektif.

f. *Extracting*

Fase *extracting* merupakan tahap pengambilan informasi penting dari sumber yang telah dipilih. Informasi yang relevan diidentifikasi kemudian dicatat, disalin, atau dirangkum. Proses ini bertujuan untuk menghimpun seluruh hasil pencarian sehingga dapat digunakan sebagai dasar penyusunan informasi

g. *Verifying*

Fase *verifying* ditandai dengan kegiatan pengecekan atau penilaian terhadap informasi untuk memastikan apakah informasi yang diperoleh telah sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

h. *Ending*

Fase *ending* merupakan tahap akhir dalam proses pencarian informasi. Tahap ini ditandai dengan evaluasi terhadap kelengkapan dan kesesuaian informasi yang telah diperoleh. Informasi yang terkumpul kemudian disusun secara sistematis dalam bentuk laporan, presentasi, maupun karya tulis ilmiah lainnya.

Proses pencarian informasi menuntut adanya sikap kehati-hatian dalam menerima dan menggunakan informasi. Konsep tersebut sejalan dengan ajaran Islam yang menekankan pentingnya memeriksa kebenaran suatu informasi sebelum diterima atau disebarluaskan. Hal ini sebagaimana dijelaskan dalam QS Al-Hujurat ayat 6 yang mengingatkan agar setiap informasi yang diterima diperiksa terlebih dahulu kebenarannya agar tidak menimbulkan kesalahan dalam pengambilan keputusan. Prinsip tersebut menunjukkan bahwa dalam memperoleh pengetahuan diperlukan sikap teliti, kritis, dan bertanggung jawab terhadap kebenaran informasi.

Nilai tersebut juga selaras dengan kearifan lokal dalam budaya Sunda yang tercermin dalam *paribasa* Sunda, yakni "*kudu neuleuman heula samémèh ngalaut"* yang berarti harus memahami atau menyelami sesuatu terlebih dahulu sebelum melakukan suatu tindakan. *Paribasa* Sunda tersebut mengandung makna bahwa segala sesuatu perlu dipelajari dan dipahami secara mendalam sebelum mengambil langkah atau keputusan. Makna tersebut memiliki keterkaitan dengan kegiatan pencarian informasi yang menuntut proses penelusuran, penyaringan, serta verifikasi informasi secara cermat agar informasi yang diperoleh benar-benar relevan dan dapat dipertanggungjawabkan.

5. Penguatan Digital *Habits of Mind* dalam Pembelajaran Abad 21

Pembelajaran abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki kemampuan berpikir yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan, tetapi juga pada kemampuan pemecahan masalah. Salah satu konsep yang relevan dengan tuntutan tersebut adalah *Digital Habits of Mind* (*Digital* HoM). Konsep ini berakar pada gagasan *Habits of Mind* (HoM) yang diperkenalkan oleh Arthur L. Costa dan Bena Kallick pada tahun 1995. Menurut Hizqiyah *et al*. (2018, hlm. 16), HoM merupakan perilaku cerdas dalam menentukan strategi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan. Perkembangan teknologi informasi turut memperluas implementasi HoM melalui pembelajaran berbasis digital. Perkembangan ini kemudian mendorong munculnya istilah *digital* HoM.

Digital HoM dalam pembelajaran abad ke-21 menekankan pembiasaan peserta didik untuk memanfaatkan teknologi digital sebagai sarana berpikir dalam memecahkan masalah. Teknologi tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian informasi, tetapi juga sebagai alat yang mendukung proses eksplorasi pengetahuan dan analisis informasi. Pembelajaran yang mengintegrasikan *digital* HoM mampu mendorong peserta didik terlibat secara aktif dalam kegiatan belajar, seperti mencari informasi, menelaah berbagai sumber pengetahuan, serta menghubungkan informasi dengan permasalahan yang dipelajari. Aktivitas tersebut berkontribusi terhadap terbentuknya kemampuan berpikir kritis, reflektif, dan mandiri yang menjadi karakter penting dalam pembelajaran abad ke-21.

Pengembangan kebiasaan berpikir dalam *digital* HoM berkaitan dengan pembentukan perilaku intelektual yang adaptif terhadap perubahan informasi. Proses pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai sumber informasi dapat mendorong berkembangnya kebiasaan berpikir tersebut. Costa dan Kallick dalam Hasnarika (2022, hlm. 258) menjelaskan bahwa kebiasaan berpikir tercermin dari perilaku cerdas yang muncul ketika individu menghadapi permasalahan yang jawabannya tidak dapat diketahui secara langsung. Melalui situasi tersebut, peserta didik dituntut untuk merespon pertanyaan atau masalah dengan menggunakan berbagai strategi berpikir.

Keterampilan pencarian informasi (*search skill*) menjadi salah satu kemampuan yang berkaitan dengan penerapan *digital* HoM dalam pembelajaran.

Keterampilan pencarian informasi (*search skill*) yang dikaji dalam penelitian ini merupakan hasil pengembangan dari indikator ketiga *digital* HoM, yakni kemampuan mengejar dan mempertahankan kebenaran informasi. Aktivitas pencarian informasi tidak hanya berkaitan dengan penggunaan teknologi, tetapi juga melibatkan kemampuan berpikir kritis dalam mengevaluasi dan memanfaatkan informasi yang diperoleh. Oleh karena itu, keterampilan pencarian informasi (*search skill*) menjadi salah satu wujud penerapan *digital* HoM yang membantu peserta didik dalam menelusuri serta memastikan kebenaran informasi yang diperoleh dari berbagai sumber digital.

6. Teori Belajar

Penelitian ini mengacu pada teori konstruktivisme yang dikembangkan oleh Jean Piaget dan Lev Vygotsky yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman belajar serta interaksi sosial. Menurut Iswara & Usman (2025, hlm. 1), perspektif konstruktivisme memandang proses belajar sebagai kegiatan aktif di mana peserta didik membangun pemahaman melalui eksplorasi, refleksi, dan keterlibatan dalam aktivitas pembelajaran. Pandangan ini diperkuat oleh penelitian Julia *et al*. (2024, hlm. 7) yang menyatakan bahwa pendekatan konstruktivisme mendorong peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman belajar yang bermakna, kolaborasi, serta pemecahan masalah dalam kegiatan pembelajaran.

Pendekatan konstruktivisme menekankan pentingnya keterlibatan peserta didik dalam aktivitas pembelajaran yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan lingkungan belajar. Aktivitas seperti eksplorasi informasi, diskusi, dan pemecahan masalah membantu peserta didik menghubungkan pengetahuan awal dengan informasi baru sehingga terbentuk pemahaman yang lebih mendalam. Berdasarkan penelitian Lestari & Husein (2025, hlm. 69) dipaparkan bahwa pembelajaran yang berlandaskan konstruktivisme dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, keterlibatan belajar, serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik dalam berbagai konteks pembelajaran.

Pembelajaran biologi menggunakan *e-worksheet* PjBL berbasis AR memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mencari informasi digital sesuai arahan guru, kemudian mengolah serta menginterpretasikan informasi

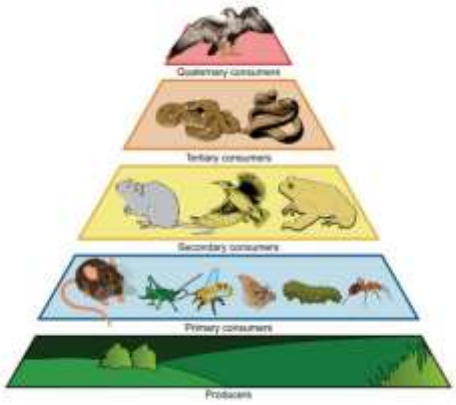
tersebut sebagai bagian dari proses membangun pemahaman. Proses tersebut menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam kegiatan pembelajaran sehingga memungkinkan terbentuknya pemahaman yang lebih bermakna melalui pengalaman belajar secara langsung.

7. Peranan Serangga dalam Ekosistem

a. Konsep Dasar Ekosistem

Ekosistem merupakan suatu kesatuan sistem kehidupan yang terbentuk melalui interaksi antara komponen biotik dan komponen abiotik dalam suatu lingkungan tertentu (Rahayu *et al*., 2025, hlm. 103). Komponen biotik meliputi seluruh makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan, mikroorganisme, serta manusia. Sementara itu, komponen abiotik mencakup berbagai faktor fisik dan kimia lingkungan seperti tanah, air, cahaya matahari, suhu, serta kelembapan yang memengaruhi kelangsungan hidup organisme. Interaksi yang terjadi antara kedua komponen tersebut membentuk suatu hubungan timbal balik yang dinamis sehingga tercipta keseimbangan ekologis dalam suatu lingkungan.

Keberadaan berbagai organisme dalam ekosistem menempati tingkat trofik yang berbeda sesuai dengan perannya masing-masing. Tingkat trofik adalah posisi suatu organisme dalam rantai atau jaring makanan yang ditentukan oleh cara organisme tersebut memperoleh energi atau nutrisi (Almohdar & Souisa, 2021, hlm. 166). Setiap kelompok organisme menjalankan peran yang berbeda sesuai dengan posisinya dalam rantai makanan. Interaksi yang terjadi antarorganisme pada berbagai tingkat trofik membentuk jaringan hubungan yang kompleks dalam sistem ekologi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Piramida Makanan
(Sumber: Utami, 2023)

Keterkaitan peran antarorganisme pada berbagai tingkat trofik menunjukkan bahwa setiap komponen ekosistem memiliki kontribusi dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Salah satu kelompok organisme yang menempati berbagai posisi dalam tingkat trofik tersebut adalah serangga (Mubarok *et al*., 2024, hlm. 446). Kelompok ini memiliki keanekaragaman spesies yang tinggi serta berperan dalam berbagai proses ekologis di dalam ekosistem. Keberadaan serangga dalam berbagai interaksi ekologis berpengaruh terhadap stabilitas komunitas organisme (Agil, 2025, hlm. 22). Fenomena tersebut sejalan dengan konsep jaring-jaring makanan yang menekankan adanya keterhubungan antarorganisme dalam aliran energi dan materi. Keseimbangan ekosistem dipengaruhi oleh dinamika interaksi tersebut, sehingga perubahan pada satu komponen dapat berdampak pada struktur dan fungsi ekosistem secara keseluruhan.

b. Serangga Sebagai Pengendali Hayati (*Biological Control*)

Pengendalian hayati (*biological control*) merupakan suatu upaya pengurangan populasi organisme pengganggu tanaman melalui pemanfaatan musuh alami (Afandi *et al*., 2024, hlm. 23). Pendekatan ini melibatkan intervensi manusia secara terencana untuk mengoptimalkan peran organisme pengendali, seperti predator, parasitoid, dan patogen. Pengendalian hayati menjadi salah satu komponen penting dalam strategi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) karena memiliki dampak yang relatif lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia (Nazara *et al*., 2025, hlm. 28). Berbeda dengan pengendalian alami (*natural control*) yang berlangsung tanpa campur tangan manusia, pengendalian hayati dilaksanakan secara sistematis dan melibatkan peran aktif manusia. Salah satu contoh penerapannya adalah pemanfaatan kumbang kepik sebagai predator untuk menekan populasi kutu daun pada tanaman.

Peran serangga sebagai agen pengendali hayati menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian hama dipengaruhi oleh interaksi biologis yang berlangsung dalam ekosistem. Kumbang kepik sebagai salah satu predator alami mampu menekan populasi kutu daun melalui aktivitas predasi yang berlangsung secara berkelanjutan. Interaksi tersebut mencerminkan hubungan antara organisme pengendali dan hama sasaran dalam menjaga keseimbangan populasi. Keberadaan

serangga sebagai musuh alami memberikan kontribusi nyata dalam menjaga kestabilan ekosistem.

Pengendalian hayati berkaitan erat dengan keberadaan komponen-komponen utama yang berperan dalam menekan populasi organisme pengganggu tanaman. Setiap komponen memiliki mekanisme kerja yang berbeda dan saling melengkapi dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Keterpaduan antar komponen menjadi dasar dalam pelaksanaan pengendalian hayati yang efektif dan berkelanjutan. Menurut Hizqiyah *et al*. (2025, hlm. 66) menyatakan bahwa terdapat beberapa komponen utama dalam pengendalian hayati diantaranya:

1) Predator

Predator merupakan organisme yang memangsa hama secara langsung dan mengonsumsi banyak individu selama siklus hidupnya. Aktivitas predasi berlangsung pada fase larva maupun dewasa sehingga memberikan dampak signifikan terhadap penurunan populasi hama. Predator umumnya bersifat aktif mencari mangsa dan memiliki mobilitas tinggi di lingkungan. Contoh predator yang umum ditemukan yaitu kumbang koksi (*ladybug*) yang memangsa kutu daun serta laba-laba yang memangsa berbagai serangga kecil. Keberadaan predator sangat penting dalam menjaga keseimbangan populasi hama karena mampu menekan ledakan populasi hama secara alami.

2) Parasitoid

Parasitoid merupakan serangga yang memiliki siklus hidup dengan cara meletakkan telur di dalam tubuh inang. Larva yang berkembang akan memanfaatkan jaringan tubuh inang sebagai sumber nutrisi hingga menyebabkan kematian inang tersebut. Berbeda dengan predator, parasitoid umumnya hanya membutuhkan satu inang untuk menyelesaikan siklus hidupnya. Contoh parasitoid yang sering dimanfaatkan adalah *Trichogramma* sebagai parasitoid telur serta kelompok Braconidae yang menyerang larva hama. Peran parasitoid sangat efektif dalam mengendalikan hama pada fase awal perkembangan sehingga dapat mencegah kerusakan tanaman yang lebih luas.

3) Patogen

Patogen merupakan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan jamur yang mampu menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada hama. Mekanisme kerja

patogen melibatkan proses infeksi yang mengganggu sistem fisiologis hama hingga akhirnya menyebabkan kematian. Contoh yang banyak digunakan adalah *Bacillus thuringiensis* yang menghasilkan toksin untuk membunuh larva serangga serta *Beauveria bassiana* yang menginfeksi melalui permukaan tubuh serangga. Penggunaan patogen sebagai agen hayati memiliki keunggulan dalam mengendalikan hama secara spesifik tanpa merusak lingkungan.

4) Kompetitor

Kompetitor atau antagonis merupakan organisme yang bersaing dengan hama dalam memanfaatkan sumber daya seperti makanan dan ruang hidup. Persaingan tersebut menyebabkan ketersediaan sumber daya bagi hama menjadi terbatas sehingga pertumbuhan populasinya terhambat. Peran kompetitor tidak selalu bersifat langsung seperti predator atau parasitoid, namun tetap berkontribusi dalam menekan perkembangan hama melalui mekanisme interaksi ekologis.

Pengendalian hayati memiliki keunggulan dalam pengendalian hama karena memanfaatkan musuh alami yang lebih aman bagi lingkungan. Prosesnya berlangsung secara alami dan mampu menjaga keseimbangan ekosistem. Adapun berbagai kelebihan pengendalian hayati adalah sebagai berikut:

1) Bersifat ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu bahan kimia yang berpotensi mencemari tanah, air, dan udara.
2) Tidak memicu terjadinya resistensi pada hama sehingga efektivitas pengendalian dapat dipertahankan dalam jangka panjang.
3) Memiliki sifat berkelanjutan karena didukung oleh interaksi alami antarorganisme dalam ekosistem.
4) Bersifat selektif terhadap hama tertentu sehingga tidak mengganggu organisme lain yang bukan sasaran.
5) Berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui pengaturan populasi secara alami.
6) Mampu menekan penggunaan pestisida kimia dalam kegiatan pengendalian hama.

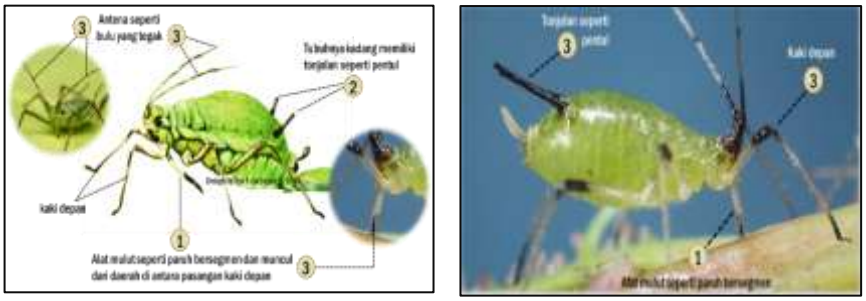
Selain memiliki berbagai kelebihan, pengendalian hayati juga memiliki sejumlah kelemahan yang perlu diperhatikan dalam penerapannya. Menurut Pu’ul

& Syatrawati (2022, hlm. 148), kelemahan pengendalian hayati dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Proses pengendalian berlangsung lambat sehingga penurunan jumlah serangga tidak terjadi secara cepat.
2) Kemungkinan masih terdapat hama yang tersisa setelah pengendalian.
3) Tingkat keberhasilan pengendalian tidak selalu dapat dipastikan dibandingkan dengan pestisida kimia.

c. Karakteristik Kutu Daun (Aphidoidea)

Kutu daun (Aphidoidea) merupakan serangga kecil dengan ukuran sekitar 1–6 mm. Bentuk tubuhnya menyerupai buah pir dengan tekstur lunak dan biasanya hidup berkelompok pada tanaman. Warna tubuhnya beragam, seperti hijau, hitam, merah, kuning, cokelat, atau abu-abu. Tubuh kutu daun terdiri atas tiga bagian utama, yaitu kepala, toraks, dan abdomen sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Morfologi Kutu Daun
(Sumber: Da-Lopez, 2026)

Bagian toraks terbagi menjadi tiga ruas, yaitu protoraks, mesotoraks, dan metatoraks yang masing-masing memiliki sepasang kaki. Kutu daun dewasa memiliki dua bentuk, yaitu bersayap dan tidak bersayap. Bentuk sayap umumnya memiliki warna sedikit lebih gelap dan berfungsi untuk berpindah ke tanaman lain.

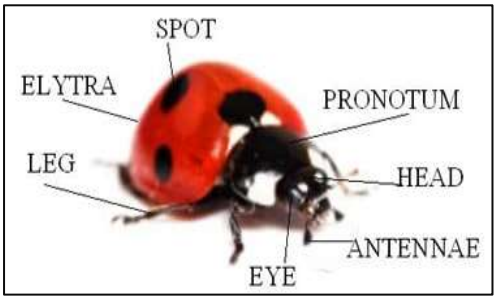
Kutu daun termasuk hama karena mengisap cairan tanaman yang dapat mengganggu pertumbuhan. Serangan kutu daun menyebabkan daun menjadi keriting, tanaman tumbuh kerdil, dan mudah layu (Daud *et al*., 2025, hlm. 87). Kutu daun juga menghasilkan embun madu yang dapat memicu tumbuhnya jamur jelaga pada daun sehingga menghambat proses fotosintesis. Populasi kutu daun dapat

ditemukan sepanjang tahun di daerah tropis dengan jumlah yang meningkat saat kondisi hangat dan lembap. Kutu daun juga dapat membawa virus tanaman yang berdampak pada penurunan hasil panen.

d. Karakteristik Kepik (Coccinellidae)

Kepik dari famili Coccinellidae memiliki tubuh kecil berbentuk bulat dengan ukuran sekitar 1–6 mm. Bagian punggung terlihat cembung dengan warna cerah seperti merah, kuning, atau oranye yang sering disertai bintik hitam. Warna ini membantu melindungi diri dari musuh. Kepala mengarah ke bawah sehingga tampak sedikit tertutup oleh bagian di belakangnya.

Bagian atas tubuh kepik terdiri dari kepala, pronotum, dan elitra sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.5. Kepala memiliki mata dan antena pendek yang digunakan untuk mengenali lingkungan. Pronotum terletak di belakang kepala dan menjadi penghubung dengan tubuh bagian tengah. Elitra merupakan sayap depan yang keras yang berfungsi melindungi sayap belakang. Sayap belakang bersifat tipis dan digunakan untuk terbang. Di bagian tengah terdapat skutelum yang berukuran kecil. Kaki kepik berukuran pendek dan beruas, serta memiliki cakar kecil di ujungnya untuk mencengkeram permukaan.



Gambar 2.5 Morfologi Kepik
(Sumber: Jones, 2022)

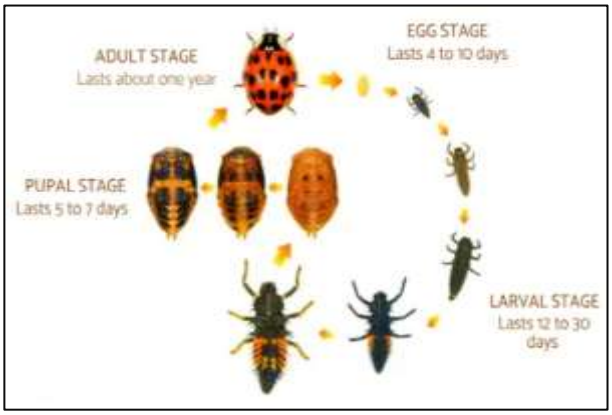
Bagian bawah tubuh tersusun atas dada dan perut. Dada menjadi tempat melekatnya kaki. Perut terdiri dari beberapa ruas yang dapat bergerak. Struktur ini membantu kepik saat berjalan maupun terbang. Beberapa bagian pada perut juga dapat digunakan untuk membedakan jenis kepik.

Seluruh bagian tubuh kepik saling mendukung fungsinya dalam kehidupan sehari-hari. Bentuk tubuh yang kecil dan kuat memudahkan bergerak di daun atau

batang tanaman. Sayap yang terlindungi membuatnya aman saat tidak terbang. Kaki membantu berpindah dan menempel pada permukaan. Struktur tubuh ini mendukung peran kepik sebagai pemangsa serangga kecil seperti kutu daun pada tanaman.

e. Siklus Hidup Kepik

Kepik (*Harmonia axyridis*) merupakan salah satu serangga yang berperan penting dalam ekosistem, terutama sebagai predator alami kutu daun (Husaeri, 2025, hlm. 312). Kepik mengalami metamorfosis sempurna, yaitu proses perkembangan yang melibatkan perubahan bentuk tubuh secara jelas dari fase awal hingga dewasa sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Siklus Hidup Kepik
(Sumber: Shandilya *et al*., 2024)

Setiap tahap perkembangan memiliki ciri dan fungsi yang berbeda, namun saling berkaitan dan mendukung keberlangsungan hidupnya. Berikut merupakan tahapan siklus hidup kepik:

1) Telur

Telur berbentuk oval dengan ukuran sangat kecil dan berwarna kuning hingga oranye. Telur diletakkan secara berkelompok pada permukaan daun atau batang tanaman. Lokasi peletakan biasanya dekat dengan koloni kutu daun sebagai sumber makanan. Jumlah telur dalam satu kelompok dapat mencapai puluhan butir. Tahap ini berlangsung beberapa hari hingga telur menetas menjadi larva. Kondisi lingkungan seperti suhu dan ketersediaan makanan memengaruhi keberhasilan penetasan.

2) Larva

Larva memiliki bentuk tubuh memanjang dengan warna dominan gelap disertai bercak oranye atau kuning. Tubuh larva terlihat bersegmen dan memiliki kaki yang jelas sehingga dapat bergerak aktif. Larva mengalami empat tahap pertumbuhan yang disebut instar, yaitu instar 1, instar 2, instar 3, dan instar 4. Setiap perpindahan instar ditandai dengan pergantian kulit (*molting*) dan peningkatan ukuran tubuh. Larva merupakan fase paling aktif dalam mencari makan. Konsumsi kutu daun sangat tinggi pada tahap ini, bahkan satu larva dapat memangsa banyak individu setiap hari.

3) Pupa

Larva yang telah mencapai instar terakhir akan berhenti makan dan berubah menjadi pupa. Pupa biasanya menempel pada permukaan daun, batang, atau bagian tanaman lainnya. Bentuk pupa lebih pendek dan tampak tidak bergerak. Warna pupa dapat berubah dari kekuningan menjadi lebih gelap seiring perkembangan. Tahap ini merupakan fase transformasi internal, di mana struktur tubuh larva mengalami perubahan menjadi bentuk dewasa.

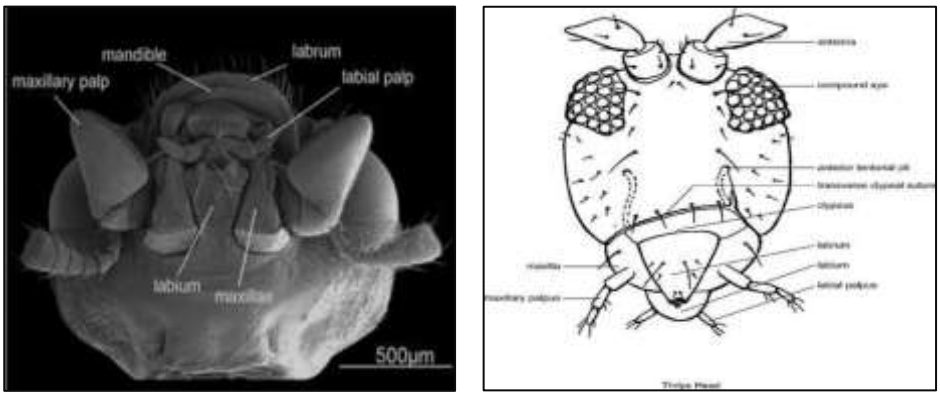
4) Imago (Dewasa)

Kepik dewasa memiliki bentuk tubuh bulat atau oval dengan permukaan punggung cembung. Warna tubuh cerah seperti oranye atau merah dengan bintik hitam yang bervariasi. Sayap depan berupa elitra yang keras berfungsi melindungi sayap belakang yang digunakan untuk terbang. Kepik dewasa aktif bergerak dan tetap memangsa kutu daun. Tahap ini juga merupakan fase reproduksi, di mana kepik akan kawin dan menghasilkan telur baru. Kemampuan terbang membantu kepik mencari sumber makanan dan tempat berkembang biak.

f. Adaptasi Fungsional Mulut Kepik Sebagai Predator Kutu Daun

Morfologi mulut pada kepik dari famili Coccinellidae menunjukkan bentuk adaptasi yang spesifik terhadap kebiasaan makannya sebagai predator. Struktur mulut terletak pada segmen kepala atau caput dan termasuk tipe pengunyah penjilat (Mustakim *et al.*, 2024, hlm. 25). Struktur mulut pada kepik dari famili Coccinellidae tersusun atas beberapa komponen utama yang saling berkaitan dan

berfungsi dalam proses predasi terhadap kutu daun dari kelompok Aphidoidea. Struktur mulut kepik dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur Mulut Kepik
(Sumber: Hao *et al*., 2020)

Bagian-bagian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Labrum (Bibir Atas)

Labrum terletak pada bagian paling depan alat mulut. Struktur ini berbentuk pipih dan berfungsi sebagai penutup serta pelindung bagian mulut lainnya. Labrum membantu menahan dan mengarahkan makanan agar mudah diproses oleh bagian mulut berikutnya.

2) Mandibula (Rahang Bawah)

Mandibula merupakan sepasang rahang yang kuat dan tersusun dari kitin. Bagian ini memiliki ujung bergerigi yang efektif untuk memotong dan menghancurkan tubuh mangsa. Mandibula menjadi alat utama dalam proses penghancuran eksoskeleton kutu daun.

3) Maksila (Rahang Atas)

Maksila terletak di belakang mandibula dan memiliki struktur yang lebih kompleks. Maksila terdiri dari beberapa bagian seperti stipes, galea, dan lacinia. Galea dan lacinia berbentuk lobus serta dilapisi rambut halus yang membantu memegang, mengolah, dan menyalurkan makanan. Maksila juga dilengkapi dengan palpus maksilaris yang berfungsi sebagai alat indera untuk mengenali tekstur dan kandungan makanan.

4) Labium (Bibir Bawah)

Labium berada di bagian bawah alat mulut dan berfungsi sebagai dasar dalam penanganan makanan. Labium membantu menjaga posisi makanan agar tetap stabil selama proses makan berlangsung. Struktur ini juga memiliki palpus labialis yang berperan sebagai organ sensori.

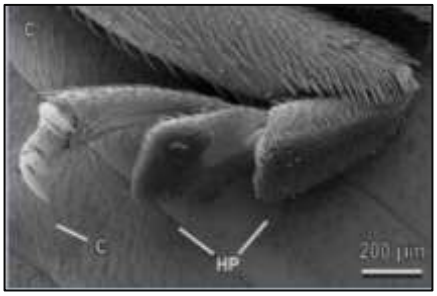
5) Antena (Alat Indera Pendukung)

Antena terletak pada bagian kepala dan berfungsi sebagai alat indera tambahan. Antena membantu mendeteksi rangsangan kimia dan mekanik dari lingkungan, termasuk keberadaan mangsa.

g. Hubungan Struktur Kaki dan Mobilitas Kepik terhadap Predasi Kutu Daun

Kaki pada kepik dari famili Coccinellidae memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas predasi terhadap kutu daun dari kelompok Aphidoidea. Struktur kaki yang kuat dan kemampuan bergerak yang lincah membuat kepik mampu berburu secara efektif di permukaan tanaman. Daun dan batang tanaman pada umumnya memiliki permukaan yang licin, berbulu, atau tidak rata. Kondisi ini menuntut kepik memiliki adaptasi khusus agar tetap stabil saat bergerak dan menangkap mangsa.

Kaki kepik umumnya pendek tetapi kokoh. Ujung kaki dilengkapi dengan cakar dan bantalan perekat yang disebut pulvilli sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8. Cakar membantu mencengkeram permukaan, sedangkan pulvilli membantu menempel pada permukaan halus. Kombinasi keduanya membuat kepik mampu berjalan di berbagai jenis permukaan, baik datar, miring, maupun vertikal. Cengkeraman yang kuat memungkinkan kepik tetap stabil saat mengejar serta mampu menahan kutu daun agar tidak mudah lepas saat ditangkap.



Gambar 2.8 Pulvili Pada Cakar (Tarsus) Kepik
(Sumber: Salerno *et al*., 2023)

Kaki kepik tersusun atas beberapa segmen utama yang saling berfungsi dalam pergerakan. Bagian yang paling khas terdapat pada segmen tarsus sebagai ujung kaki yang memiliki ciri khusus dibandingkan serangga lain. Adapun segmen-segmen kaki kepik meliputi:

1) Koksa (*Coxa*)

Koksa adalah bagian pangkal kaki yang menempel pada tubuh. Bagian ini menjadi titik utama pergerakan kaki. Koksa membantu kaki bergerak ke berbagai arah saat kepik berjalan.

2) Trokanter (*Trochanter*)

Trokanter merupakan bagian kecil yang menghubungkan koksa dengan femur. Bagian ini membantu kaki kepik bergerak lebih lentur. Trokanter memungkinkan kepik menyesuaikan posisi kaki di permukaan yang tidak rata.

3) Femur (Paha)

Femur adalah bagian kaki yang paling besar dan kuat. Bagian ini berisi otot utama untuk pergerakan. Femur membantu kepik berjalan, memanjat, dan menahan tubuh saat menangkap mangsa.

4) Tibia (Betis)

Tibia terletak di antara femur dan tarsus. Bentuknya lebih ramping dibandingkan femur. Tibia membantu menjaga keseimbangan saat kepik bergerak.

5) Tarsus (Ujung Kaki)

Tarsus adalah bagian ujung kaki yang menyentuh permukaan. Bagian ini tampak memiliki tiga ruas tetapi sebenarnya empat ruas dengan satu ruas tersembunyi. Tarsus membantu kepik mencengkeram permukaan dengan baik.

6) Pulvilli (Bantalan Perekat)

Pulvilli adalah bantalan kecil di bawah cakar. Bagian ini membantu kepik menempel pada permukaan halus atau licin. Pulvilli membantu kepik tetap stabil saat berjalan.

h. Interaksi Kutu Daun dan Kepik

Interaksi antara kutu daun dari kelompok Aphidoidea dan kepik dari famili Coccinellidae merupakan contoh hubungan predator dan mangsa dalam ekosistem. Kutu daun dikenal sebagai hama pertanian karena mengisap cairan tanaman, menyebabkan kerusakan, serta dapat menularkan penyakit. Kepik berperan sebagai

predator alami yang membantu menekan populasi kutu daun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.9. Kepik betina biasanya meletakkan telur di dekat koloni kutu daun sehingga larva yang menetas langsung mendapatkan sumber makanan. Kondisi ini membuat kepik efektif dalam pengendalian hayati.



Gambar 2.9 Seekor Kepik Memangsa Kutu Daun
(Sumber: Miller, 2021)

Kemampuan predasi kepik didukung oleh beberapa adaptasi. Larva kepik memiliki kemampuan makan yang tinggi dan mampu mengonsumsi kutu daun dalam jumlah besar setiap hari. Larva bergerak aktif di permukaan daun untuk mencari mangsa. Kepik dewasa juga berperan dalam memangsa kutu daun, meskipun pada beberapa kondisi dapat memanfaatkan sumber makanan lain seperti serbuk sari atau nektar. Kemampuan menemukan dan mengonsumsi mangsa dengan cepat menjadikan kepik sebagai agen penting untuk menekan populasi hama di lingkungan pertanian. Interaksi kepik dan kutu daun tidak selalu berjalan satu arah karena kutu daun juga memiliki mekanisme pertahanan. Kutu daun dapat mengeluarkan zat kimia sebagai sinyal bahaya, menghasilkan embun madu yang menarik semut sebagai pelindung, serta membentuk koloni padat untuk mengurangi risiko dimangsa.

B. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul Artikel	Tahun	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Tintin Kurniasih	*Implementation of Electronic Student Worksheets with the Project-Based Learning* (PjBL) *model to Improve Motivation and Learning Outcomes*	2022	SMPN 14 Banjarmasin	*Classroom Action Research*	Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan motivasi belajar dari 23,33% menjadi 63,33% serta ketuntasan belajar dari 56,67% menjadi 86,67%. Peningkatan ini diikuti dengan perubahan perilaku belajar peserta didik yang menjadi lebih aktif dan bertanggung jawab dalam menyelesaikan proyek (Kurniasih, 2022, hlm. 147).	Penelitian ini sama-sama menggunakan media *e-worksheet* dan model PjBL dalam pembelajaran.	Penelitian ini tidak menggunakan AR dan tidak mengukur keterampilan pencarian (*search skill*), tetapi fokus pada motivasi dan hasil belajar.
2.	Febi Riana Sunarto dan Jendri Mamangkey	*Development of Student's Worksheet using Project-Based Learning* (PjBL) *on Ecosystem Concept for Class X SMA*	2024	SMAN 42 Jakarta	R&D (*Research and Development*)	Penilaian ahli menunjukkan LKPD sangat layak digunakan dengan skor materi 82,03%,	Penelitian ini memiliki persamaan dalam penggunaan LKPD atau *E-worksheet*	Penelitian ini tidak mengintegrasikan AR dan tidak berfokus pada peningkatan

No.	Nama Peneliti	Judul Artikel	Tahun	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
						media 86,5%, dan bahasa 83%. Respons peserta didik sebesar 53% tergolong cukup positif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan LKPD berbasis proyek mendorong peserta didik terlibat aktif dalam belajar pelajaran Biologi, terkhusus pada materi ekosistem (Riana & Mamangkey, 2024, hlm. 21).	dengan model PjBL.	keterampilan pencarian informasi (*search skill*).
3.	Fanny Adha Cyntia Tarigan dan Miza Nina Adlini	*Development of Augmented Reality Based Student Worksheet* (LKPD) *on Sensory System Material*	2024	SMA Gema Buwana Tembung	R&D (*Research and Development*)	Hasil penelitian menunjukkan validasi materi 92,7% dan media 95,3% dengan kategori sangat valid. Nilai N-*gain* sebesar 0,628 menunjukkan adanya peningkatan hasil	Penelitian ini menerapkan LKPD berbasis AR sebagai bahan ajar interaktif.	Penelitian ini tidak menerapkan model PjBL dan tidak mengkaji keterampilan pencarian (*search skill*), melainkan lebih menekankan pada motivasi

No.	Nama Peneliti	Judul Artikel	Tahun	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
						belajar. Penggunaan *Learning Kit* berbasis AR pada LKPD membuat pembelajaran lebih menarik, meningkatkan motivasi, dan pemahaman materi (Tarigan & Adlini, 2024, hlm. 745).		dan pemahaman peserta didik.
4.	Ratna Indriani, Wahidin, dan Asep Ginanjar Arip	Pengembangan Model *Project Based Learning* Berbantuan *Augmented Reality* Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Sikap Ilmiah Peserta Didik Kelas XI Pada Konsep Sel	2023	SMA Plus Informatika Ciamis	R&D (*Research and Development*)	Hasil validasi menunjukkan buku panduan PjBL berbantuan AR sangat layak digunakan pada materi sel. Penggunaan buku ini meningkatkan motivasi, keterampilan proses sains, dan sikap ilmiah peserta didik. Respons peserta didik sangat positif karena pembelajaran lebih aktif dan berbasis teknologi	Penelitian ini menerapkan model PjBL yang dipadukan dengan AR dalam proses pembelajaran.	Penelitian ini tidak menggunakan *E-worksheet* sebagai bahan ajar dan tidak berfokus pada keterampilan pencarian (*search skill*), tetapi pada keterampilan proses sains dan sikap ilmiah.

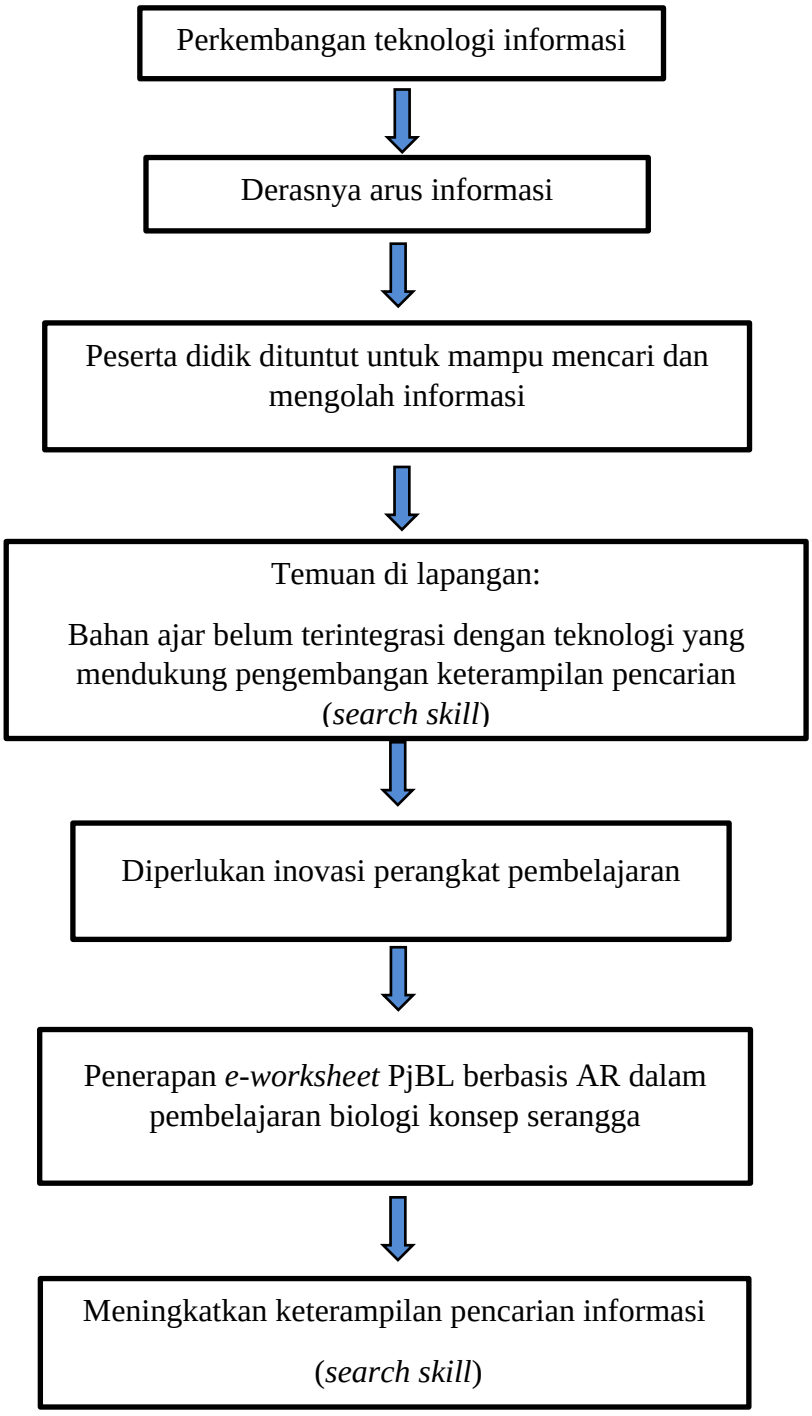
No.	Nama Peneliti	Judul Artikel	Tahun	Tempat Penelitian	Pendekatan & Analisis	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
						(Indriani *et al*., 2023, hlm. 346).		
5.	Annisa Rezki Samosir dan Kartika Manalu	*Augmented Reality Assemblr Edu In Biology Learning Of The Excretory System To Increase Student Learning Interest*	2025	SMAN 1 Medan	R&D (*Research and Development*)	Hasil validasi menunjukkan media AR Assemblr Edu sangat valid dengan skor 95,29%, respons guru 96,25%, dan peserta didik 95,63% yang tergolong sangat praktis. Minat belajar mencapai 94,44% dengan kategori sangat tinggi, sehingga media ini efektif meningkatkan minat belajar dan pemahaman peserta didik (Samosir & Manalu, 2025, hlm. 757).	Penelitian ini menggunakan teknologi AR sebagai media pembelajaran.	Penelitian ini tidak menerapkan *E-worksheet*, model PjBL serta tidak menekankan keterampilan pencarian informasi (*search skill*), melainkan berfokus terhadap peningkatan minat belajar peserta didik.

C. Kerangka Berpikir

Perkembangan teknologi informasi pada era digital mempercepat penyebaran informasi di berbagai bidang kehidupan (Febriansyah, 2025, hlm. 2). Kondisi ini menyebabkan peserta didik berhadapan dengan berbagai sumber informasi yang beragam dan mudah diakses. Derasnya arus informasi menuntut peserta didik memiliki kemampuan dalam mencari, menyeleksi, dan memanfaatkan informasi secara tepat (Mahardhini *et al*., 2021, hlm. 117). Keterampilan pencarian informasi *(search skill)* menjadi bagian penting dari literasi digital yang perlu dikembangkan dalam proses pembelajaran karena mendukung peserta didik dalam menemukan informasi yang relevan dengan kebutuhan belajar (Oktaria *et al.*, 2025, hlm. 34).

Pembelajaran biologi pada materi ekosistem, khususnya peranan serangga dalam ekosistem menuntut pemahaman konsep secara menyeluruh karena melibatkan hubungan antar komponen dalam ekosistem. Materi tersebut tidak hanya dipahami melalui satu sumber belajar, tetapi memerlukan berbagai informasi dari beberapa sumber belajar. Proses pencarian dan pengolahan informasi menjadi bagian penting dalam memahami konsep secara utuh. Penggunaan bahan ajar dan lembar kerja turut memengaruhi pengembangan keterampilan pencarian informasi (*search skill)* peserta didik dalam proses pembelajaran, namun lembar kerja yang digunakan sering kali masih berfokus pada penyelesaian soal sehingga belum melatih peserta didik dalam mencari dan mengolah informasi secara mandiri.

Permasalahan ini menunjukkan bahwa inovasi perangkat pembelajaran diperlukan untuk mendukung pengembangan keterampilan pencarian informasi (*search skill)* peserta didik secara terstruktur. Penerapan *e-worksheet* berbasis PjBL yang dipadukan dengan AR dapat digunakan sebagai perangkat pembelajaran yang mampu memfasilitasi kegiatan pencarian informasi (*search skill)* peserta didik. Kegiatan tersebut melatih peserta didik untuk melakukan pencarian informasi secara aktif dan mandiri. Proses ini selaras dengan pendekatan konstruktivisme yang menekankan peran aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar.



Gambar 2.10 Kerangka Berpikir Penelitian

D. Asumsi dan Hipotesis

Berdasarkan pembahasan pada bab ini, dirumuskan asumsi dan hipotesis penelitian sebagai landasan dalam pelaksanaan dan pengujian penelitian. Adapun asumsi dan hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Asumsi

Pada penelitian ini diasumsikan bahwa penerapan *e-worksheet* PjBL berbasis AR pada pembelajaran biologi konsep serangga mampu memfasilitasi aktivitas proyek dan eksplorasi informasi secara mandiri, sehingga berkontribusi pada peningkatan keterampilan pencarian informasi (*search skill*) peserta didik. Selain itu, diasumsikan bahwa peserta didik memiliki akses dan kemampuan dasar menggunakan perangkat digital yang diperlukan dalam pembelajaran.

2. Hipotesis

Berdasarkan asumsi yang telah dibuat, hipotesis dalam penelitian ini adalah:

a. Hipotesis Kerja (H_1)

Penerapan *e-worksheet* PjBL berbasis AR berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan pencarian informasi (*search skill)* peserta didik pada pembelajaran biologi konsep serangga.

b. Hipotesis Nol (H_0)

Penerapan *e-worksheet* PjBL berbasis *AR* tidak berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan pencarian informasi (*search skill)* peserta didik pada pembelajaran biologi konsep serangga.