BAB II
KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini terbagi dalam empat sub kajian pustaka yaitu mengenai materi *Anticipatory competency,* keterampilan komunikasi ilmiah, keanekaragaman hayati, dan sistem *permaculture* berbantuan *eco-gamification*. Setiap sub kajian pustaka disertai dengan studi dengan beberapa penelitian terdahulu.

2.1. *Anticipatory Competency*

Kompetensi antisipatif dalam konteks pendidikan keanekaragaman hayati sangat penting untuk membangun pemahaman yang komprehensif tentang sistem ekologi dan mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi tantangan lingkungan. Berdasarkan informasi dari UNESCO pada tahun 2018 Kompetensi ini mencakup kemampuan untuk meramalkan skenario masa depan yang potensial dan membuat keputusan yang tepat berdasarkan ramalan tersebut. Satu satunya cara bagi peserta didik untuk membangun kemampuan antisipatif adalah melalui tindakan dan refleksi berdasarkan pengalaman mereka (Purnamasari & Hanifah, 2021). Berikut tabel 3 indikator kompetensi antisipatif menurut UNESCO 2017.

Tabel 2. 1. Kompetensi Antisipatif

Aspek	Indikator	Deskripsi	Capaian Pembelajaran
Kompetensi Antisipatif	1. Mampu mengerti dan mengevaluasi berbagai kemungkinan, kesempatan, dan apa yang dibutuhkan 2. Mampu membuat pandangan tentang masa depan 3. Memiliki prinsip kehati-hatian dalam menyiapkan sebuah aksi 4. Menilai akibat dari suatu tindakan	Peserta didik diharapkan mampu menghadapi permasalahan di lingkungan terhadap keanekaragaman hayati, membuat keputusan yang lebih baik dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan	Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan untuk responsif terhadap isu-isu lokal maupun global dan berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya yang semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan

	5. Mampu menangani resiko dan perubahan (UNESCO, 2017)		pembangunan yang berkelanjutan (SDGs)

Kompetensi antisipatif melibatkan keterampilan seperti memperkirakan keadaan pengetahuan saat ini dan memahami ketidakpastian terkait isu-isu lingkungan, termasuk keanekaragaman hayati (Ratinen & Linnanen, 2022). Ini sejalan dengan Wiek *et al*. (2011) yang menekankan pentingnya kompetensi antisipatif sebagai komponen kunci pendidikan keberlanjutan, yang memungkinkan peserta didik untuk membangun skenario masa depan dan terlibat dalam metode partisipatif yang menggabungkan berbagai keahlian. Lebih lanjut, pengembangan kompetensi antisipatif dapat ditingkatkan melalui praktik reflektif dalam lingkungan pendidikan. Selain itu, peran pemikiran antisipatif dalam proses pengambilan keputusan yang menggambarkan pemikiran antisipatif sebagai keterampilan kognitif yang diperlukan untuk menavigasi sistem yang kompleks (Geden *et al*., 2019). Komponen utama Kompetensi Antisipatif dibagi menjadi dua bagian, yaitu Struktur Fenomenologis Masa Depan dan Membangun Masa Depan. Kedua bagian ini dibedakan secara umum menurut kompetensi pengetahuan dan kompetensi metodologis (Withycombe, 2010). Berikut ini pada tabel 2.2 merangkum komponen-komponen utama dari kompetensi antisipatif.

Tabel 2. 2. Komponen kompetensi antisipatif

Komponen Kompetensi Antisipatif	Bagian
Struktur Fenomenologis dari Masa Depan	Generasi Mendatang: Skala Temporal
	Masa Depan yang Mungkin, Probable, dan Diinginkan
	Kelayakan dan Konsistensi
	Keadilan Antar-Generasi
	Keadaan Masa Depan, Jalur, dan Pengambilan Keputusan
	Ketergantungan Jalur, Inersia Temporal, dan Non-intervensi
	Skenario
	Diskontinuitas dan Kejutan
	Risiko dan Pencegahan
Membangun Masa Depan	Metode Antisipatif
	Metodologi Masa Depan

	Konstruksi Skenario
	Backcasting dan Visioning
	Kriteria Kualitas

Berdasarkan penjelasan WCED (*World Commission on Environment and Development*) pada tahun 1987 Ada asumsi mendasar dalam keberlanjutan bahwa manusia mempunyai kendali atas masa depan dan oleh karena itu ditugaskan untuk melestarikan, dan memulihkan, sistem alam dan sosial yang sehat untuk generasi mendatang maka dalam struktur fenomenologis dari masa depan, ada perhatian pada bagaimana kita memahami skala temporal dari generasi mendatang. Konsep masa depan yang diuraikan mencakup masa depan yang mungkin, *probable* (berpeluang terjadi), dan diinginkan, dengan penekanan pada kelayakan dan konsistensi dari skenario-skenario yang diprediksi. Salah satu elemen kunci adalah keadilan antar-generasi, yang menunjukkan bahwa keputusan yang diambil saat ini harus mempertimbangkan dampaknya terhadap generasi mendatang. Lalu pentingnya memahami bagaimana masa depan bisa berkembang berdasarkan keputusan yang diambil sekarang. Jalur masa depan mungkin terpengaruh oleh apa yang disebut ketergantungan jalur (*path-dependence*), di mana keputusan atau peristiwa masa lalu membatasi pilihan di masa depan. *Inersia temporal* berarti perubahan bisa lambat atau sulit terjadi karena kebiasaan atau sistem yang sudah ada. Ada juga situasi di mana *non-intervensi* (tidak mengambil tindakan) bisa menjadi pilihan, yang juga mempengaruhi arah masa depan. Selain itu, kita harus siap menghadapi diskontinuitas atau kejutan, hal-hal tak terduga yang bisa terjadi dan mengubah situasi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan risiko dan membuat langkah pencegahan sebagai bagian dari strategi menghadapi masa depan yang tidak pasti.

Di sisi lain, dari Withycombe (2010) mengemukakan bahwa peserta didik harus memiliki pengetahuan metodologis terkait pembangunan masa depan (yang mungkin, berpeluang terjadi, diinginkan, dan berkelanjutan). Membangun masa depan melibatkan pengembangan dan penggunaan metode antisipatif untuk mempersiapkan berbagai skenario masa depan. Ini mencakup metodologi masa depan, konstruksi skenario, dan metode seperti *backcasting* (memulai dari hasil yang diinginkan dan

bekerja mundur untuk merencanakan tindakan) dan visioning (membayangkan masa depan yang ideal). Selain membangun pengetahuan masa depan, penting juga untuk dapat menilai pengetahuan tersebut berdasarkan beberapa kriteria kualitas. Pengetahuan masa depan dianggap oleh sebagian orang sebagai "tidak dapat diverifikasi" karena tidak dapat dinilai secara langsung untuk kapasitas prediktifnya, seperti yang dinyatakan dalam pandangan positif tentang sains (Robinson, 2003). Namun, pengetahuan masa depan juga bersifat strategis dan bernilai untuk pembangunan strategi (Grunwald, 2004) dan karena itu dapat dinilai untuk validitas dan kualitasnya dengan mengevaluasi keberhasilannya dalam memberikan informasi untuk strategi atau rencana dan memastikan bahwa hasilnya dilaksanakan. Sebuah alat evaluasi yang dapat digunakan untuk menilai pengetahuan masa depan dalam kapasitas ini. Menurut Pereira *et al*. (2007) pengetahuan tersebut tetap dapat dinilai berdasarkan relevansi, keterpahaman, ketepatan, keandalan, transparansi, dan legitimasi. Alat evaluasi seperti ini memastikan bahwa mereka yang terlibat dalam pekerjaan antisipatif menghasilkan hasil yang kuat secara sosial dan ilmiah, Dengan adanya menilai pekerjaan mereka dan pekerjaan orang lain berdasarkan kriteria kualitas. maka dari itu pentingnya mengembangkan *Anticipatory Competency* pada Pembelajaran sains terutama pada materi keanekaragaman hayati, dimana peserta didik akan mampu terlibat dalam penelitian masa depan untuk keberlanjutan yang diterima oleh komunitas akademis, pengambil keputusan, dan pemangku kepentingan dengan siapa mereka bekerja.

2.2 Keterampilan Komunikasi Ilmiah

Keterampilan komunikasi merupakan salah satu komponen penting dalam keterampilan abad 21, yang dikenal dengan istilah "4C" yaitu kreativitas, berpikir kritis, kolaborasi, dan komunikasi itu sendiri. Dalam era globalisasi dan kemajuan teknologi yang pesat, keterampilan komunikasi tidak hanya diperlukan dalam konteks sosial, tetapi juga menjadi kunci sukses dalam dunia pendidikan dan dunia kerja. Penelitian menunjukkan bahwa penguasaan keterampilan komunikasi dapat berkontribusi signifikan terhadap prestasi akademik dan kesiapan peserta didik

menghadapi tantangan di abad 21 (Jufriadi et al., 2022; Novitasary, 2023). Keterampilan komunikasi berfungsi sebagai jembatan dalam proses pembelajaran yang baik. Junedi *et al*. (2020) menekankan bahwa keterampilan abad 21, termasuk komunikasi, sangat penting untuk membelajarkan pengetahuan secara mendalam dan menunjukkan pemahaman melalui kinerja. Selain itu menyoroti bahwa keterampilan komunikasi memberikan pengaruh kuat terhadap prestasi mahapeserta didik, menjadikannya salah satu faktor penting dalam kesuksesan di abad 21. Dengan demikian, pengembangan keterampilan komunikasi di kalangan peserta didik menjadi prioritas dalam kurikulum Pendidikan (Jufriadi *et al*., 2022). Aspek kemampuan komunikasi yang berkaitan dengan keterampilan proses sains antara lain membaca dan mengumpulkan informasi dalam grafik atau diagram, menggambar data empiris dalam grafik tabel atau diagram, menjelaskan hasil percobaan, menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis, menginterpretasi data, menarik kesimpulan, dan menemukan pola fenomena alam (Nurlaelah *et al*., 2020). Ada beberapa keterampilan komunikasi diantaranya terdapat keterampilan komunikasi ilmiah yang merupakan kemampuan untuk menyampaikan informasi, ide, dan hasil penelitian dalam konteks ilmiah dengan cara yang jelas dan baik, Keterampilan ini mencakup berbagai aspek termasuk kemampuan berbicara, menulis, mendengarkan, dan membaca grafik atau data. Dalam pendidikan, keterampilan komunikasi ilmiah sangat penting untuk membantu peserta didik memahami dan menginterpretasikan informasi ilmiah, serta untuk berkolaborasi dengan rekan - rekan mereka dalam konteks penelitian dan diskusi ilmiah (Cici Mayani *et al*., 2023).

Keterampilan komunikasi ilmiah berhubungan positif dengan tingkat berpikir peserta didik. Menerapkan keterampilan komunikasi ilmiah dalam pembelajaran kepada peserta didik memungkinkan peserta didik untuk mengungkapkan ide-ide ilmiahnya. Keterampilan komunikasi ilmiah memungkinkan peserta didik memperoleh informasi sebanyak-banyaknya dari observasi, dan memudahkan peserta didik dalam memecahkan berbagai masalah dalam materi pembelajaran (Alpusari *et al*., 2019). Keterampilan komunikasi ilmiah sangat dihargai dalam komunitas ilmiah. Ilmuwan yang berkomunikasi dengan baik berhasil mendapatkan dukungan dari anggota

komunitas mereka sendiri, lembaga pendanaan, dan masyarakat pada umumnya (Spektor-Levy *et al*., 2009a). Berdasarkan penelitian Cici Mayani *et al*. (2023) terdapat keterampilan komunikasi ilmiah yang dapat diukur menggunakan indikator keterampilan komunikasi ilmiah, yaitu *Information retrieval, Scientific reading, Listening & observing, Scientific writing, Information representation, Knowledge presentation* sebagai berikut penjelasan menurut Zahava dan Levy (2006) pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. 3. Keterampilan Komunikasi Ilmiah dan Sub-Skill

Keterampilan Komunikasi Ilmiah	Sub-skill
Pencarian informasi (*Information retrieval*)	Pencarian informasi melalui internet, perpustakaan, katalog, pencarian jurnal ilmiah, dan wawancara ahli.
Membaca ilmiah (*Scientific reading*)	Membaca artikel ilmiah, laporan ilmiah/berita, dan buku pelajaran.
Menulis ilmiah (*Scientific writing*)	Artikel, laporan, abstrak/makalah dan *essay* ilmiah.
Mendengar dan mengamati (*Listening and observation*)	Pembelajaran video, metode debat, demonstrasi.
Representasi informasi (*Information representation*)	Skema,verbal, grafik, tabel, gambar/ilustrasi.
Presentasi pengetahuan (*Knowledge presentation*)	Lisan, poster, multimedia lainnya.

Keterampilan komunikasi ilmiah merupakan aspek penting dalam pembelajaran sains yang memungkinkan peserta didik untuk mencari, memahami, mengolah, dan menyampaikan informasi ilmiah secara baik. Berikut ini adalah penjelasan rinci mengenai enam indikator keterampilan komunikasi ilmiah tersebut menurut (Spektor-Levy *et al*., 2009a).

1. *Information retrieval*

   Information retrieval adalah kemampuan untuk mengakses sumber informasi yang relevan dan terpercaya. Proses ini membantu peserta didik mengenali jurnal ilmiah yang sesuai dengan tingkat pemahaman mereka. Dalam mencari informasi ilmiah tertentu, peserta didik perlu mencari sumber yang profesional dan dapat dipercaya, tidak hanya di internet, tetapi juga di perpustakaan dan arsip lembaga profesional. Area keterampilan ini

memberikan peserta didik strategi untuk memperoleh informasi yang diperlukan dari berbagai jenis basis data. Penting untuk dicatat bahwa sistem pencarian informasi tidak secara otomatis memberi tahu pengguna tentang topik yang sedang diteliti; ia hanya memberikan informasi tentang ada atau tidaknya dokumen yang relevan dengan pencarian tersebut. Peserta didik diharapkan dapat mencari informasi mengenai fenomena keanekaragaman hayati dan menyajikan temuan mereka dengan jelas. Ini termasuk kemampuan untuk mencatat detail penting dari pengamatan, seperti spesies yang ditemukan, habitat, dan interaksi antara spesies (Muhamad Arif Mahdiannur, 2022). Keterampilan ini dapat dilatih melalui kegiatan lapangan, di mana peserta didik mengamati dan mendokumentasikan keanekaragaman hayati di lingkungan mereka.

2. *Scientific reading*

Area keterampilan ini menekankan pada pembacaan artikel ilmiah dan penguasaan strategi yang memungkinkan peserta didik untuk membaca secara baik. Peserta didik akan belajar dan mempraktikkan teknik membaca yang membantu mereka menemukan informasi yang diperlukan dengan efisien. Teknik ini dibagi menjadi dua tahap utama, yaitu membaca secara selektif (memindai kutipan dengan cepat dan membaca secara mendalam). Dengan pelatihan, peserta didik dapat dilatih untuk membaca informasi ilmiah sehingga mereka dapat mengajukan pertanyaan yang relevan dan berbasis bukti mengenai keanekaragaman hayati. Menurut Cici Mayani *et al*., (2023) kemampuan ini merupakan elemen penting dari keterampilan komunikasi ilmiah yang dapat meningkatkan rasa ingin tahu peserta didik dan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran.

3. *Scientific writing*

Keterlibatan peserta didik dalam penulisan ilmiah memberikan pendekatan yang aktif untuk mengembangkan konsep, menyusun pengetahuan, membentuk pandangan mereka terhadap ilmu pengetahuan, dan meningkatkan kesadaran diri selama proses pembelajaran. Aktivitas ini mencakup

pemahaman terhadap jenis teks yang ditulis oleh anggota komunitas ilmiah, latihan menulis dalam pelajaran sains, serta penguasaan keterampilan menulis secara umum. Pembelajaran sains melibatkan berbagai jenis tugas menulis, seperti menjelaskan fenomena ilmiah, memberikan jawaban yang logis terhadap pertanyaan, merangkum informasi, menyusun laporan kunjungan laboratorium atau lapangan, serta membuat laporan penelitian dan tinjauan literatur.

4. *Listening and observation*

   Listening and observing adalah kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan informasi melalui pendengaran dan pengamatan. Informasi ini dapat diperoleh melalui pengamatan video atau demonstrasi. Area keterampilan ini terkait dengan kemampuan mendengarkan secara aktif, melakukan pengamatan yang terarah, mendokumentasikan temuan, serta berpikir dari perspektif yang berbeda.

5. *Information representation*

   Information representation adalah kemampuan untuk menyajikan kembali informasi yang diperoleh dalam format yang berbeda. Ilmuwan biasanya mengubah temuan dan kesimpulan yang telah mereka buat ke dalam berbagai bentuk visual untuk merepresentasikan data. Representasi ini memungkinkan pembaca untuk melihat informasi yang telah diringkas dan diproses dengan cara yang lebih mudah dipahami, serta menekankan poin-poin penting yang ingin disampaikan oleh ilmuwan melalui slide kuliah, artikel, poster, presentasi, atau karya penelitian. Peserta didik perlu memiliki keterampilan untuk membaca dan menginterpretasikan data yang berkaitan dengan keanekaragaman hayati, seperti grafik populasi spesies atau data ekosistem. Kemampuan ini penting untuk membantu peserta didik memahami informasi yang disajikan secara visual dan menarik kesimpulan berdasarkan data tersebut (Rani, 2019).

6. *Knowledge presentation*

Knowledge presentation adalah kemampuan untuk mempresentasikan hasil penelitian yang dapat dilakukan melalui berbagai kegiatan, seperti presentasi lisan, presentasi berbasis multimedia, serta pembuatan poster atau model yang menggambarkan hasil penelitian. Area keterampilan ini memperkenalkan peserta didik pada metode di mana mereka, mirip dengan ilmuwan profesional, dapat menyampaikan pengetahuan yang mereka miliki.

Penggunaan indikator-indikator tersebut dalam konteks pembelajaran dapat membantu peserta didik mengembangkan keterampilan komunikasi ilmiah mereka, baik dengan pengajar maupun dengan sesama peserta didik. Proses komunikasi ini menciptakan suasana di mana peserta didik dapat berinteraksi dan berdiskusi mengenai topik-topik ilmiah, memperkuat pemahaman mereka dan meningkatkan keterampilan lainya (Saputri et al., 2022).

2.3 Keanekaragaman Hayati

Materi keanekaragaman hayati merupakan salah satu topik penting dalam pembelajaran biologi, karena memiliki keterkaitan langsung dengan masalah nyata yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari Asril *et al*. (2020). Materi ini diajarkan kepada peserta didik kelas X di Sekolah Menengah Atas (SMA), mencakup konsep tentang keanekaragaman hayati, berbagai tingkatan keanekaragaman (genetik, spesies, dan ekosistem), serta pola penyebaran organisme dan tantangan serta strategi konservasi untuk melestarikannya (Prasetyo, 2017). Kompetensi yang diharapkan adalah kemampuan peserta didik untuk melakukan observasi terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia, serta mengusulkan solusi pelestarian yang relevan (Kemendikbudristek BSKAP, 2022). Pada Kurikulum Merdeka, materi ini berada pada Capaian pembelajaran fase E dengan tujuan agar peserta didik dapat berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah pada isu-isu lokal dan global. Semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*/SDGs) (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2024). Materi keanekaragaman hayati menjadi elemen penting yang harus disampaikan

dalam pelajaran biologi, karena Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang sangat besar. Kekayaan alam ini menjadikan Indonesia salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, atau dikenal sebagai negara Mega biodiversitas (Mittermeier *et al*., 2011). Sayangnya, upaya konservasi yang telah dilakukan belum sebanding dengan potensi kekayaan tersebut. Contohnya, masih ada tumbuhan yang terancam punah, dan beberapa spesies ditemukan oleh peneliti asing akibat keterbatasan kualitas sumber daya manusia di Indonesia. Oleh karena itu, pembelajaran ini penting untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik tentang keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia serta mempersiapkan mereka untuk mengatasi berbagai masalah konservasi melalui pendidikan (BAPPENAS, 2016).

Salah satu isu terkait hilangnya keanekaragaman hayati di Indonesia adalah ancaman terhadap biodiversitas di Bandung yang disebabkan oleh pesatnya pembangunan infrastruktur. Situasi ini menimbulkan kekhawatiran karena dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan pada akhirnya mengancam kelangsungan hidup manusia. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini dan melindungi keanekaragaman hayati di wilayah Bandung (Rahmawati, S., & Putra, 2022) Isu keanekaragaman hayati merupakan tantangan global yang semakin mendesak untuk diintegrasikan dalam kurikulum SMA (Putri, A., & Wibowo, 2022). Keanekaragaman hayati meliputi variasi genetika, spesies, dan ekosistem yang menjadi fondasi utama kehidupan di bumi. Aktivitas manusia seperti perubahan iklim, deforestasi, polusi, dan eksploitasi sumber daya alam berkontribusi terhadap penurunan drastis keanekaragaman hayati, yang berdampak negatif pada keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, keterlibatan peserta didik dalam memahami dan menilai keanekaragaman hayati sangat penting untuk menyadarkan mereka akan dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, sekaligus mendorong mereka untuk berperan aktif dalam melestarikan ekosistem. Hal ini menegaskan urgensi pengajaran materi keanekaragaman hayati di SMA. Materi Keanekaragaman Hayati yang diterapkan pada pembelajaran melalui sistem *permaculture* diantaranya adalah;

Tabel 2. 4 Materi keanekaragaman hayati

Capaian Pembelajaran	Keluasan Materi	Kedalaman Materi
Pada fase E, peserta didik memiliki kemampuan untuk responsif terhadap isu-isu lokal maupun global dan berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya yang semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (SDGs)	Tingkat keanekaragaman hayati dan tipe ekosistem	1. Keanekaragaman hayati tingkat gen 2. Keanekaragaman hayati tingkat spesies 3. Keanekaragaman hayati tingkat ekosistem
	Keanekaragaman hayati	1. Keanekaragaman hayati flora 2. Keanekaragaman hayati fauna
	Ancaman Keanekaragaman hayati	1. Kerusakan ekosistem 2. Isu ancaman keanekaragaman hayati
	Upaya-upaya pelestarian keanekaragaman hayati	1. Pencegahan kerusakan alam 2. Perlindungan keanekaragaman hayati

Besarnya materi keanekaragaman hayati diantaranya terdapat salah satu pembahasan yaitu keanekaragaman hayati flora di Indonesia salah satunya tumbuhan hortikultura. hortikultura adalah budidaya tanaman pertanian, khususnya tanaman buah-buahan, sayuran, bunga, dan tanaman hias (Winarni, 2012). Dengan mengintegrasikan tanaman hortikultura dalam pembelajaran, peserta didik dapat melihat secara langsung beragam spesies yang ada disekitar peserta didik serta fauna yang berkembang bersamaan dengan tumbuhan hortikultura, hal ini dapat memperkenalkan peserta didik mengenai tumbuhan hortikultura dan fauna yang ada di sistem *permaculture.* Berikut adalah jenis tanaman yang ada di sistem *permaculture* yang terdiri dari 3 pos yaitu kebun, aquaponik dan *green house*.

Tabel 2. 5 Jenis tanaman pada sistem *permaculture*

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
1	Mangga Gedong Gincu	*Mangifera indica* 'Gedong Gincu'	Buah besar, kulit kuning kemerahan, daging manis dan berserat.
2	Nangka Merah	*Artocarpus heterophyllus*	Buah besar, daging merah, aroma khas, biji keras.
3	Pete	*Parkia speciosa*	Kacang hijau terang, berbentuk panjang, aroma tajam.

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
4	Leci	*Litchi chinensis*	Kulit merah, daging putih jernih, manis dan sedikit asam.
5	Kelengkeng Merah	*Dimocarpus longan* 'Red'	Buah kecil, rasa manis, kulit tipis, biji besar.
6	Durian Kelud	*Durio zibethinus* 'Kelud'	Durian duri tajam, daging lembut, aroma kuat, warna daging kuning.
7	Salam	*Syzygium polyanthum*	Daun beraroma khas, pohon kecil dengan daun hijau cerah.
8	Belimbing	*Averrhoa carambola*	Buah berbentuk bintang, rasa asam manis, kulit kuning.
9	Plam Eropa	*Prunus domestica*	Buah ungu/ hijau, manis, bertekstur lembut, biji keras.
10	Pear	*Pyrus communis*	Buah berbentuk pir, kulit halus hijau atau kuning, manis dan segar.
11	Sawo Manila	*Manilkara zapota*	Kulit coklat keemasan, daging kenyal dan manis.
12	Jeruk Bali	*Citrus maxima*	Buah besar, kulit tebal, daging merah muda atau jingga, manis dan asam.
13	Kelengkeng Aroma	*Dimocarpus longan* 'Aroma'	Buah kecil, rasa manis, kulit tipis, biji besar.
14	Markisa	*Passiflora edulis*	Buah bulat/ oval, kulit ungu/ kuning, rasa asam manis, biji kecil.
15	Jeruk Madu	*Citrus reticulata* 'Madu'	Kulit tipis oranye cerah, daging manis dan juicely.
16	Jambu Kingroot	*Psidium guajava* 'Kingroot'	Buah besar, kulit hijau/kuning, daging manis dan berair.
17	Tumbuhan Miracle	*Synsepalum dulcificum*	Buah kecil merah cerah, efek rasa manis setelah konsumsi asam.
18	Jambu Merah	*Psidium guajava* 'Merah'	Daging merah cerah, manis, sedikit asam, kulit hijau/ kuning.
19	Manggis	*Garcinia mangostana*	Kulit ungu, daging putih manis, sedikit asam.
20	Rambutan Madu	*Nephelium lappaceum* 'Madu'	Rambutan dengan rambut panjang, daging manis.
21	Sawo Jumbo	*Manilkara zapota* 'Jumbo'	Buah besar, kulit coklat keemasan, daging kenyal dan sangat manis.
22	Tb. Puya Kuning	*Handroanthus chrysanthus*	Pohon bunga kuning cerah, batang keras dan kokoh.

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
23	Kelengkeng Yuwen	*Dimocarpus longan* 'Yuwen'	Buah kecil, rasa manis, kulit tipis, biji besar.
24	Alpukat Aligator	*Persea americana* 'Aligator'	Kulit kasar hijau gelap, daging lemak kuning kehijauan.
25	Apel Merah	*Malus domestica*	Buah bulat merah, kulit halus, rasa manis dan sedikit asam, renyah.
26	Duku	*Lansium domesticum*	Buah kecil kulit kuning pucat, daging manis dan berair.
27	Ubi	*Ipomoea batatas*	Umbi kulit ungu/ coklat, daging kuning/ orange, lembut.
28	Sangitan	*Sambucus javanica*	Pohon kecil/ semak, bunga putih, buah hitam dalam ramuan tradisional.
29	Sakura Mini	*Prunus serrulata* 'Mini'	Pohon kecil, bunga pink cerah, mekar musim semi.
30	Pisang Kepok	*Musa paradisiaca* 'Kepok'	Pisang besar, kulit tebal, daging padat, manis, sering untuk digoreng.
31	Matoa	*Pometia pinnata*	Buah bulat, merah muda/ jingga, manis dan berair.
32	Murbai	*Morus alba*	Buah merah/ ungu, manis, pohon sering jadi pakan ternak.
33	Durian Montong Kaki 3	*Durio zibethinus* 'Montong'	Durian besar, duri tajam, daging lembut, aroma kuat, warna daging kuning.
34	Kelengkeng Pingpong	*Dimocarpus longan* 'Pingpong'	Buah kecil, rasa manis, kulit tipis, biji besar.
35	Purut Okulasi	*Citrus hystrix* ‘okulasi	Jeruk purut kulit tebal, digunakan untuk aroma masakan Asia.
36	Durian Petruk	*Durio zibethinus* 'Petruk'	Durian dengan duri tajam, daging lembut dan aroma khas.
37	Mangga Garifta	*Mangifera indica* 'Garifta'	Mangga besar, kulit kuning cerah, manis, daging tidak berserat.
38	Jeruk Mandarin	*Citrus reticulata*	Kulit tipis oranye, daging manis, mudah dikupas.
39	Tin	*Ficus carica*	Buah pear, kulit hijau/ ungu, manis, biji kecil.
40	Durian Montong	*Durio zibethinus* 'Montong'	Durian besar, duri tajam, daging lembut, aroma kuat, daging kuning.
No	**Nama Lokal**	**Nama Latin**	**Ciri-ciri**

41	Mangga Alpukat	*Mangifera indica* 'Alpukat'	Mangga dengan rasa manis, sedikit asam, daging lembut.
42	Jeruk Mandarin	*Citrus reticulata* 'Mandarin'	Kulit tipis oranye cerah, daging manis, mudah dipisahkan.
43	Mangga Kiojay	*Mangifera indica* 'Kiojay'	Mangga besar, rasa manis, daging tidak berserat.
44	Mangga Golek	*Mangifera indica* 'Golek'	Mangga besar, kulit hijau, rasa manis, daging berserat halus.
45	Sirsak	*Annona muricata*	Buah berduri, daging putih, aroma khas, rasa manis asam.
46	Kelapa	*Cocos nucifera*	Buah kulit keras coklat, daging putih berair, air kelapa segar.
47	Jambu Kristal Putih	*Psidium guajava* 'Kristal Putih'	Jambu dengan daging putih, manis, renyah.
48	Durian Mentega	*Durio zibethinus* 'Mentega'	Durian dengan daging lembut, warna kuning, aroma kuat.
49	Gandaria	*Bouea macrophylla*	Buah bulat, hijau/kuning, rasa asam manis.
50	Sawo	*Manilkara zapota*	Kulit coklat, daging kenyal berwarna coklat muda, manis.
51	Markisa	*Passiflora edulis*	Buah bulat/oval, kulit ungu/kuning, rasa asam manis, biji kecil.
52	Mangga Madu	*Mangifera indica*	Mangga manis, kulit kuning/merah, daging berserat halus.
53	Pisang Raja	*Musa paradisiaca* 'Raja'	Pisang besar, kulit tebal, daging lembut, manis, sering untuk digoreng.
54	Jambu Red Taiwan	*Psidium guajava* 'Red Taiwan'	Buah jambu merah, daging manis, kulit tipis.
55	Alpukat Mentega	*Persea americana* 'Mentega'	Kulit kasar hijau, daging lembut dan berwarna kuning, rasa gurih.
56	Belimbing	*Averrhoa carambola*	Buah berbentuk bintang, rasa asam manis, kulit kuning.
57	Tb. Puya Pink	*Tabebuia rosea* 'Pink'	Pohon berbunga pink cerah, batang keras dan kokoh.
58	Leci Biwa	*Litchi chinensis* 'Biwa'	Kulit merah, daging putih jernih, manis dan sedikit asam.

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
59	Sawo Manila	*Manilkara zapota*	Kulit coklat keemasan, daging kenyal dan manis.
60	Srikaya	*Annona squamosa*	Buah berduri, daging putih, rasa manis asam, tekstur lembut.
61	Gaharu	*Aquilaria malaccensis*	Pohon besar, aroma khas gaharu, sering digunakan dalam industri parfum.
62	Apel Washington	*Malus domestica* 'Washington'	Buah besar merah, kulit halus, manis, sedikit asam, daging renyah.
63	Cincau Hitam	*Mesona palustris*	Daun hijau gelap, batang tegak, digunakan untuk bahan minuman tradisional.
64	Persik	*Prunus persica*	Buah berbentuk bulat, kulit halus, rasa manis, daging berserat.
65	Red Lady	*Malus domestica*	Apel dengan kulit merah cerah, daging manis dan segar.
66	Pisang Ambon	*Musa paradisiaca* 'Ambon'	Pisang berukuran besar, kulit tebal, daging padat, manis, cocok untuk goreng.
67	Pisang Barangan	*Musa paradisiaca* 'Barangan'	Pisang besar, kulit tebal, daging padat, sedikit manis.
68	Melinjo	*Gnetum gnemon*	Buah kecil, pohon dengan daun hijau lebar, sering digunakan dalam masakan.
69	Apel Fuji	*Malus domestica* 'Fuji'	Apel dengan kulit merah cerah, daging manis, renyah, sedikit asam.
70	Harum Manis	*Mangifera indica 'Harum Manis'*	Mangga besar, kulit kuning kemerahan, daging manis tanpa serat.
71	Kurma Ajwa	*Phoenix dactylifera* 'Ajwa'	Buah kurma kecil hitam, manis, digunakan dalam masakan dan obat-obatan.
72	Kurma Bahra	*Phoenix dactylifera* 'Bahra'	Buah kurma dengan warna coklat keemasan, rasa manis alami.
73	Kesemek	*Diospyros kaki*	Buah bulat oranye, manis, tekstur lembut dan berair.
74	Apel Anna	*Malus domestica* 'Anna'	Buah apel dengan kulit hijau kekuningan, rasa manis asam, daging renyah.
75	Pepaya	*Carica papaya*	Buah besar, daging oranye cerah, manis, dan berair.
No	**Nama Lokal**	**Nama Latin**	**Ciri-ciri**

76	Kiwi	*Actinidia deliciosa*	Kulit kecoklatan berbulu, daging hijau cerah, rasa manis sedikit asam.
77	Black Berries	*Rubus fruticosus*	Buah hitam kecil, rasa manis asam, tumbuh di semak berduri.
78	Delima Hitam	*Punica granatum* 'Black'	Buah dengan kulit merah gelap, biji hitam, manis dan asam.
79	Anggur	*Vitis vinifera*	Buah anggur, kulit berwarna hijau atau merah, manis dan segar.
80	Apel Manalagi	*Malus domestica* 'Manalagi'	Buah apel dengan kulit hijau cerah, daging manis, tekstur renyah.
81	Durian Bawar	*Durio zibethinus* 'Bawar'	Durian dengan daging lembut, aroma kuat, duri tajam.
82	Markisa Konyal	*Passiflora lingularis*	Buah kecil berbentuk oval, kulit kuning, rasa asam manis.
83	Kenanga	*Cananga odorata*	Pohon dengan bunga kuning harum, sering digunakan dalam parfum.
84	Anggur Bali	*Vitis vinifera* 'Bali'	Anggur dengan kulit ungu, rasa manis, segar.
85	Jambu Amaika	*Syzygium samarangense* 'Jamaika'	Buah jambu dengan daging berwarna merah, manis dan segar.
86	Anggur Isabella	*Vitis vinifera* 'Isabela'	Anggur merah dengan rasa manis, sering digunakan dalam pembuatan anggur.
87	Jenitri	*Elaeocarpus ganitrus*	Buah kecil berwarna ungu, berbiji keras, sering digunakan dalam adat.
88	Tabebuya Puya Putih	*Tabebuia rosea*	Pohon berbunga putih cerah, batang kokoh, sering dijadikan tanaman hias.
89	Tebebuya Ungu	*Tabebuia impetiginosa*	Pohon dengan bunga ungu, batang kokoh, populer di taman kota.
90	Anggur	*Vitis vinifera*	Anggur dengan kulit merah/ungu, rasa manis segar.
91	Tebebuya Kuning	*Tabebuia aurea*	Pohon berbunga kuning cerah, batang kokoh, sering digunakan untuk penghijauan.
92	Rasberi	*Rubus idaeus*	Buah kecil, merah, rasa manis asam, sering digunakan dalam jus dan makanan.
93	Sirih	*Piper betle*	Daun hijau terang, digunakan dalam adat dan tradisi.

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
94	Tebebuya Puya Merah	*Tabebuia rosea*	Pohon berbunga merah cerah, batang kokoh, tumbuh cepat.
95	Anggrek	*Orchidaceae* sp.	Bunga indah berbagai warna, tumbuh di pohon atau tanah.
96	Flamboyan	*Delonix regia*	Pohon berbunga merah cerah, daun hijau lebat, sering ditanam sebagai hiasan.
97	Delima	*Punica granatum*	Buah bulat merah, biji berwarna merah muda, rasa manis asam.
98	Brazil	*Bertholletia excelsa*	Pohon besar, biji kaya lemak, digunakan dalam pembuatan cokelat.
99	Ceri Vietnam	*Muntingia calabura*	Buah kecil, berwarna merah, rasanya manis segar.
100	Durian Pondong Jumbo	*Durio zibethinus* 'Pondong Jumbo'	Durian besar dengan daging lembut, aroma tajam, duri panjang.
101	Terong	*Solanum melongena*	Buah berbentuk lonjong atau bulat, kulit ungu, daging putih atau hijau, rasa sedikit pahit.
102	Tomat	*Solanum lycopersicum*	Buah bulat atau oval, kulit merah atau kuning, daging lembut, rasa manis asam.
103	Selada	*Lactuca sativa*	Daun hijau lembut, tekstur renyah, rasa sedikit pahit, sering digunakan dalam salad.
104	Seledri	*Apium graveolens*	Daun hijau terang, aroma khas, digunakan dalam sup atau salad, rasa sedikit pedas.
105	Labu	*Cucurbita moschata*	Buah besar, kulit keras, daging kuning oranye, manis, sering digunakan dalam masakan.
106	Cabai	*Capsicum annuum*	Buah kecil, pedas, kulit berwarna merah atau hijau, sering digunakan dalam masakan.
107	Cabai Rawit	*Capsicum frutescens*	Buah kecil, pedas sekali, kulit hijau atau merah, digunakan sebagai bumbu pedas.
108	Sereh	*Cymbopogon citratus*	Batang panjang dan ramping, aroma lemon, sering digunakan untuk bumbu masakan atau minuman.
109	Sawi Hijau	*Brassica rapa subsp. Chinensis*	Daun hijau besar, rasa sedikit pahit, digunakan dalam sayur atau tumisan.

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
110	Sawi Putih	*Brassica rapa subsp. pekinensis*	Daun lebar dan tebal, rasa lebih manis dari sawi hijau, digunakan dalam sup atau masakan.
111	Kangkung	*Ipomoea aquatica*	Daun hijau lebar, batang lunak, tumbuh di perairan, digunakan dalam sayuran atau tumisan.
112	Timun	*Cucumis sativus*	Buah panjang, kulit hijau segar, daging renyah dan berair, rasa segar.
113	Jahe	*Zingiber officinale*	Rimpang berwarna coklat kekuningan, beraroma khas, digunakan sebagai bumbu atau obat.
114	Lengkuas	*Alpinia galanga*	Rimpang putih kekuningan, aroma tajam, digunakan dalam masakan atau obat.
115	Kunyit	*Curcuma longa*	Rimpang berwarna kuning oranye, aroma tajam, digunakan sebagai bumbu atau pewarna alami.
116	Temulawak	*Curcuma xanthorrhiza*	Rimpang kekuningan, beraroma khas, digunakan dalam obat tradisional.
117	Kencur	*Kaempferia galanga*	Rimpang kecil, berwarna putih kekuningan, aroma khas, digunakan dalam masakan atau obat.
118	Laos Putih	*Zingiber zerumbet*	Rimpang berwarna putih, aromanya khas, digunakan dalam masakan dan obat.
119	Daun Bawang	*Allium fistulosum*	Daun silindris berongga, aroma khas, digunakan sebagai bumbu masakan
120	Lidah Buaya	*Aloe vera*	Daun tebal berduri, mengandung gel, digunakan untuk perawatan kulit dan rambut
121	Anggrek	*Orchidaceae* spp.	Bunga simetris, warna-warni, akar serabut, banyak jenis hias dan epifit
122	Kenikir	*Cosmos caudatus*	Daun menjari, bunga kecil ungu muda, lalapan khas Indonesia
123	Sesawi India	*Brassica juncea*	Daun hijau bergerigi, rasa agak pedas, sering digunakan dalam masakan tumis
124	Sawi Hijau	*Brassica rapa*	Daun lembut hijau pucat, batang putih, cocok untuk sup dan asinan
125	Arugula	*Eruca sativa*	Daun bercuping, rasa pedas ringan, sering digunakan dalam salad
126	Kale	*Brassica oleracea var. sabellica*	Daun keriting hijau tua, tekstur kasar, kaya vitamin A dan C

No	Nama Lokal	Nama Latin	Ciri-ciri
127	Bayam	*Amaranthus* spp.	Daun lunak hijau atau merah, batang lunak, kaya zat besi
128	Timun	*Cucumis sativus*	Buah panjang hijau, banyak air, sering dijadikan lalapan atau rujak
129	Bauhinia	*Bauhinia* spp.	Daun mirip kaki kambing, bunga mencolok, tanaman hias
130	Puring	*Codiaeum variegatum*	Daun warna-warni (merah, kuning, hijau), tanaman hias pekarangan
131	Singkong	*Manihot esculenta*	Akar umbi besar, sumber karbohidrat, harus dimasak karena mengandung sianida
132	Paku Sarang Burung	*Asplenium nidus*	Daun panjang melengkung, hijau cerah, tumbuh menempel di batang pohon
133	Raspberry	*Rubus idaeus*	Buah kecil merah, manis-asam, kaya antioksidan
134	Ceri	*Muntingia calabura*	Buah kecil merah, rasa manis, sering tumbuh liar di pekarangan
135	Mawar	*Rosa* spp.	Bunga harum khas, berbagai warna, batang berduri
136	Jeruk Limau	*Citrus aurantifolia*	Buah kecil hijau, rasa asam segar, sering digunakan sebagai penambah rasa
137	Miana	*Coleus atropurpureus*	Daun ungu kemerahan, tanaman hias dan obat tradisional
138	Rosemary	*Rosmarinus officinalis*	Daun seperti jarum, aroma khas, digunakan dalam masakan dan aromaterapi
139	Mint	*Mentha* spp.	Daun hijau, aroma menyegarkan, sering digunakan sebagai penyegar atau teh
140	Kumis Kucing	*Orthosiphon aristatus*	Daun bergerigi, bunga putih/ungu, benang sari panjang seperti kumis
141	Leunca	*Solanum nigrum*	Daun hijau tua, buah kecil hitam, bisa dimakan atau dijadikan obat
142	Tomat	*Solanum lycopersicum*	Buah merah bulat/lonjong, kaya vitamin, untuk dimakan mentah atau dimasak
143	Terong	*Solanum melongena*	Buah ungu lonjong, kulit licin, daging lembut, sering dijadikan lauk

Keterangan ' : Varietas Lokal

Kegiatan yang direncanakan meliputi identifikasi keanekaragaman hayati tumbuhan yang terdapat di sistem *permakulture* yang dimana tumbuhan yang digunakan adalah tumbuhan yang disediakan oleh peneliti dan tumbuhan dari hasil semai guna untuk peserta didik dapat mengamati lebih teliti.

Indonesia dikenal memiliki keanekaragaman hayati tumbuhan yang sangat tinggi, hingga saat ini baru sekitar 8.000 jenis tumbuhan yang berhasil diidentifikasi dan didata (Pujianto *et al*., 2020). Jumlah ilmuwan yang terlibat dalam pendataan tersebut pun masih terbatas, sehingga informasi terkait keanekaragaman hayati cenderung sulit diperoleh. Kondisi ini semakin memperburuk ancaman terhadap kelestarian keanekaragaman hayati, terutama jika banyak spesies belum sempat dikenali dan didokumentasikan (Roche *et al*., 2022).

Dalam konteks pendidikan, keberagaman flora di suatu wilayah memiliki peran penting dalam memberikan pemahaman kepada peserta didik tentang pentingnya keanekaragaman hayati untuk mendukung kehidupan yang berkelanjutan (Dixon *et al*., 2017). Namun, kehilangan keanekaragaman hayati sering kali disebabkan oleh kurangnya pengetahuan mengenai karakteristik spesies serta fungsi ekologisnya, termasuk interaksi antarspesies dan dampaknya terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup (Hortal *et al*., 2015). Selain itu, keterbatasan data mengenai kelimpahan spesies dan dinamika populasi mereka dalam ruang dan waktu turut menjadi hambatan utama (Cardoso *et al*., 2011).

Sayangnya, materi keanekaragaman hayati kerap dianggap tidak relevan oleh peserta didik karena dinilai jauh dari kehidupan sehari-hari (N. Fauziyah *et al*., 2021). Oleh karena itu, melalui pembelajaran berbasis tanaman hortikultura dalam sistem permakultur, peserta didik tidak hanya mempelajari jenis-jenis tumbuhan yang dekat dengan kehidupan mereka, tetapi juga mengeksplorasi hubungan timbal balik antara tanaman, hewan, dan lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik untuk memahami peran penting tumbuhan dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Berkes & Davidson-Hunt, 2006). Karena tanaman hortikultura merupakan jenis tanaman yang biasa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, pendekatan ini diharapkan dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dan bermakna. Dengan demikian, pemahaman peserta didik terhadap konsep keanekaragaman hayati dapat meningkat, sekaligus mendorong keterlibatan aktif mereka dalam menjaga keberlanjutan lingkungan (Benson *et al*., 2018).

2.4 Sistem *Permaculture* Berbantuan *Eco-gamification*

Permaculture adalah gabungan dari kata permanen (*permanent*) dan budaya (*culture*), yang berarti menerapkan prinsip bertani dan berternak untuk menjaga lingkungan (Holmgren, 2003). *Permaculture* diidentifikasikan sebagai sistem pertanian yang mengusungkan penanaman secara polikultur (beragam tanaman dalam satu margin) yang saling menguntungkan dan mampu membentuk ekosistem alami yang produktif sehingga dapat menghasilkan hasil panen yang beragam untuk petani. Sedangkan perternakan dalam *permaculture* bertujuan untuk memanfaatkan hewan sebagai pengelola limbah organik untuk membantu mendaur ulang sisa-sisa tanaman dikebun. Maka dari itu, *permaculture* dapat dikatakan memadukan pertanian dan perternakan atau yang disebut sebagai agrikultur untuk dapat saling berkaitan dan mendukung untuk menghasilkan produksi yang berkelanjutan. *Permaculture* berarti pertanian dan budaya yang permanen pada pengelolaan lahan pertanian dan peternakan yang tidak hanya meningkatkan fungsi lahan, tetapi juga menghasilkan produk dan pendapatan yang berkelanjutan hingga masa depan (Fitria *et al*., 2023).

Dalam penelitian ini peserta didik tidak melakukan praktik pengelolaan *permaculture* secara langsung, tetapi sebatas melalui observasi dan diskusi, mereka belajar mengenali keanekaragaman hayati yang ada dalam ekosistem sistem *permaculture*. *Permaculture* berkembang menjadi pendekatan yang lebih luas, mencakup desain lingkungan yang berkelanjutan untuk keberlangsungan kehidupan (Holmgren, 2003). Pendekatan desain *permaculture* terinspirasi dari alam untuk menciptakan sistem kehidupan bagi manusia (Holmgren, 2003; Ross, 2023). Beberapa negara telah mengintegrasikan konsep *permaculture* ke dalam pendidikan melalui kurikulum berbasis alam, seperti Kenya (Ridep, 2023), Amerika Serikat, dan Filipina (Ross, 2023). Holmgren (2003) menegaskan bahwa dalam penerapan *permaculture* harus dilakukan dengan mengikuti pola dan interaksi seperti yang terdapat pada alam aslinya. Dari dua belas prinsip permaculture terdapat enam (1,3,6,7,9, dan 11) prinsip yang dapat diterapkan di kebun botani UPI:

Tabel 2. 6. Prinsip desain *permaculture*

No	Prinsip	Keterangan

1.	*Observe and Interact*	Menggunakan waktu untuk memerhatikan dan memelajari karakteristik dari alam. Observasi dilakukan untuk untuk memperkaya peluang rancangan yang dapat diterapkan pada tapak/lahan
3.	*Obtain a yield*	Berfokus pada proyek yang menghasilkan keuntungan berarti memastikan bahwa upaya yang dikeluarkan menghasilkan manfaat nyata.
6.	*Produce No Waste*	Terapkan pola pikir menghargai dan memanfaatkan semua sumber daya yang tersedia, tidak menyisakan ruang untuk pemborosan, dan menumbuhkan komitmen terhadap efisiensi sumber daya.
7.	*Integrate Rather Than Segregate*	Mulailah proses desain dengan mengamati dan memahami pola-pola yang melekat di alam dan masyarakat, gunakan pola-pola menyeluruh ini untuk menginformasikan penambahan detail rumit selanjutnya.
9.	*Use Small and Slow Solutions*	Mendukung penerapan sistem kecil dan bertahap yang lebih mudah dipelihara, memanfaatkan sumber daya lokal secara lebih baik, dan menghasilkan hasil yang lebih berkelanjutan dalam jangka panjang. Contoh: Pilih pupuk organik lepas lambat daripada pupuk sintetis dalam berkebun, untuk meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi risiko limpasan nutrisi.
11.	*Use Edges and Value the Marginal*	Mengenali nilai inheren dalam batas-batas dan tepian sistem, tempat interaksi yang unik dan produktif sering terjadi. Contoh: ciptakan zona tepi di antara berbagai jenis vegetasi, untuk meningkatkan keanekaragaman hayati dan menyediakan habitat bagi serangga dan satwa liar yang bermanfaat.

Sistem *permaculture* dapat memperdalam pemahaman peserta didik tentang keanekaragaman hayati karena secara langsung mencontohkan bagaimana keanekaragaman genetik, spesies, dan ekosistem bekerja sama untuk menciptakan ekosistem yang berkelanjutan. Pada sistem *permaculture* yang dibangun terdiri dari 3 pos sebagai elemen yang saling berinteraksi untuk menciptakan siklus yang saling mendukung.

A. Pos 1 – Kebun *Permaculture*

Kebun *permaculture* didesain dengan mengikuti prinsip dari Holmgren, (2014) dimana melakukan observasi pada lahan kebun botani UPI yang kosong, lalu diubah menjadi kebun penuh tanaman dan hewan. Kebun Dalam pengajaran keanekaragman hayati mempunyai keuntungan untuk dapat dijangkau oleh peserta didik untuk

menumbuhkan kecintaan pada lingkungan (Hendriyaswati, 2008). Berikut desain kebun *permaculture* dapat dilihat pada Gambar 2.1 yang dipersiapkan sebagai sumber belajar peserta didik.

Gambar 2. 1. A) Lahan Kosong, B) Penyediaan material, C) Pembersihan lahan, D) Pembuatan margin 120cm x 60cm E) Penyaringan pupuk, F) Lahan kebun permaculture, G) Pembuatan media tanam, H) Penyotiran tanaman, I) Pemeliharaan Tanaman, J) Pemindahan tanaman ke kebun, K) Pemindahan hasil semai, J) kebun *Permaculture*
Sumber : Najira., 2024

Proses dimulai dari pengamatan terhadap lahan kosong sebagai langkah awal penerapan prinsip *Observe and Interact*. Pada tahap ini, dilakukan pengamatan terhadap karakteristik lahan, seperti arah sinar matahari, kondisi tanah, aliran air, dan keberadaan organisme alami. Observasi ini menjadi dasar untuk menentukan rancangan kebun yang sesuai dengan kondisi tapak. Setelah itu, material seperti kompos, pupuk kandang, sekam, dan bahan organik lainnya disiapkan dengan memanfaatkan sumber lokal dan limbah organik rumah tangga atau lingkungan sekitar,

sesuai prinsip *Produce No Waste*. Pembersihan lahan dilakukan secara bertahap dan manual agar ekosistem tanah tetap terjaga, mencerminkan prinsip *Use Small and Slow Solutions*. Pembuatan margin tanam berukuran 120 cm x 60 cm diterapkan untuk menciptakan zona tepi yang produktif dan mendukung keanekaragaman hayati, selaras dengan prinsip *Use Edges and Value the Marginal*. Penyaringan pupuk dilakukan agar hanya bahan yang telah terurai sempurna digunakan sebagai media tanam. lahan kebun kemudian disusun mengikuti prinsip Integrate Rather Than Segregate, di mana berbagai jenis tanaman ditanam secara berdampingan dalam sistem polikultur yang saling mendukung tanaman utama, tanaman penutup tanah, dan tanaman pengusir hama alami ditempatkan untuk membentuk jaringan ekosistem kecil yang terpadu. Media tanam dibuat dari bahan organik lokal untuk meningkatkan kesuburan tanah secara alami dan perlahan, mengikuti prinsip *Use Small and Slow Solutions*. Pemeliharaan tanaman seperti penyiraman, pemupukan, dan penyiangan dilakukan secara teratur agar sistem memberikan hasil nyata dan berkelanjutan, sesuai prinsip *Obtain a Yield*. Bibit yang telah tumbuh melalui tahap penyotiran untuk memastikan hanya tanaman yang sehat yang dipindahkan ke kebun utama. Pemindahan ini dilakukan secara perlahan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan barunya, juga mencerminkan prinsip solusi kecil dan lambat. Hasil semai lain seperti tanaman herbal, tanaman pengusir hama, dan penarik serangga diletakkan secara strategis untuk memperkuat ekosistem kebun, kembali menegaskan prinsip *Integrate Rather Than Segregate.*

Pada akhirnya, kebun *permaculture* yang terbentuk menjadi sistem hidup yang terpadu. Kebun ini tidak hanya memberikan hasil panen, tetapi juga meningkatkan kesehatan tanah, mendukung biodiversitas, dan menciptakan lingkungan yang produktif.

B. Pos 2 – Aquaponik

Pada pos aquaponik selain melakukan inventarisasi dikarenakan masih tersedianya tanaman-tanaman yang telah di pelihara, Peserta didik juga diperkenalkan peran antar makhluk hidup, peserta didik belajar bagaimana tanaman dan ikan saling bergantung dalam ekosistem yang seimbang di aquaponik. Memanfaatkan aquaponik yang sudah

ada sebelumnya dengan memperbarui jenis tanaman pada pipa. Berikut desain Bagian Pos aquaponik sebagai berikut:

Gambar 2. 2 A) Semai bibit tanaman, B) Hasil semai, C) Memindahkan tanaman semai ke netpot aquaponik D) Pemindahan ke Pipa, E) Tanaman yang berada di samping aquaponik, dan F) Tanaman di depan Aquaponik
Sumber: Najira (2024)

Tahapan pertama yaitu penyemaian bibit tanaman merupakan penerapan prinsip *Observe and Interact*. Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap kondisi benih dan media tanam, guna memahami karakteristik pertumbuhan awal tanaman dan menghasilkan benih yang pertumbuhannya bagus. Tanaman dengan pertumbuhan yang baik dipindahkan ke netpot kemudian dipindahkan ke pipa sebagai media tanam utama. Proses ini mencerminkan prinsip *Integrate Rather Than Segregate*, karena tanaman dan ikan membentuk sistem yang saling menguntungkan dan terintegrasi. Tanaman memanfaatkan limbah ikan sebagai nutrisi, sedangkan tanaman membantu menjaga kualitas air bagi ikan lele dan ikan nila. Tanaman di samping dan depan aquaponik

diletakkan untuk memanfaatkan ruang yang tersisa. Sistem aquaponik memberikan pengalaman pembelajaran yang komprehensif, memungkinkan siswa untuk mengamati secara langsung interaksi antara berbagai elemen dalam ekosistem (Siammukaromah & Hujjatusnaini, 2024). Hal ini sejalan dengan pendapat Eck et al. (2019) yang menyatakan bahwa aquaponik tidak hanya berfungsi sebagai teknologi pertanian yang inovatif, tetapi juga mendukung informasi ilmiah dan menyediakan sarana yang sangat baik untuk pembelajaran sains di berbagai jenjang pendidikan.

C. Pos 3 – *Green House*

Pada pos *green house* masih terdapat berbagai jenis tanaman semai yang tumbuh, dan juga terdapat larva BSF (*Black Soldier Fly*) yang dipelihara dari telur sampai menjadi lalat. Dengan memanfaatkan *green house* yang sudah ada di kebun botani UPI untuk memelihara larva BSF dn menyemai berbagai tanaman, berikut aktivitasnya di *green house*;

Gambar 2. 3 A) Telur/Larva BSF, B) pemeliharaan Larva, C) Magot, D) Pemeliharaan lalat BSF, dan E) Hasil semai
Sumber: Najira (2024)

Siklus budidaya *Black Soldier Fly* (BSF) dan kegiatan penyemaian tanaman menjadi bagian penting dalam sistem pertanian berkelanjutan. Dalam proses ini, beberapa prinsip *permaculture* diterapkan secara strategis untuk memastikan efisiensi,

integrasi antar-komponen, serta hasil yang nyata bagi lingkungan dan produksi. Tahap awal dimulai dari pengelolaan larva BSF, yang menuntut pengamatan cermat terhadap media dan lingkungan tempat larva berkembang. Hal ini mencerminkan prinsip *Observe and Interact*, karena pemahaman yang baik terhadap perilaku larva akan menentukan keberhasilan pertumbuhannya Dimana terdapat dedak basah untuk makanan larva dan dedak kering agar larva tidak keluar dari kotak.

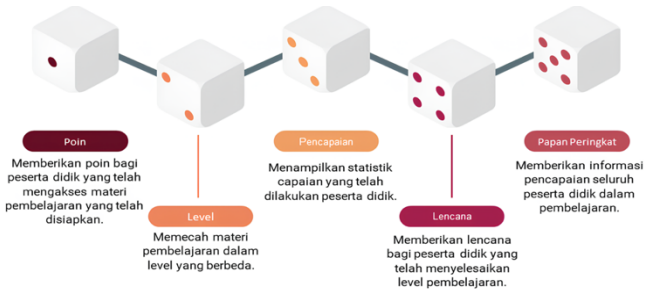
Pada tahap pemeliharaan larva, prinsip *Produce No Waste* menjadi sangat penting. Larva BSF mengonsumsi limbah organik, seperti sisa sayuran atau buah, dan mengubahnya menjadi biomassa bergizi tinggi. Proses ini menunjukkan bagaimana sistem dapat memanfaatkan limbah menjadi sumber daya yang berguna tanpa menciptakan buangan tambahan. Setelah mencapai fase matang, larva berubah menjadi magot, yang merupakan produk akhir bernilai tinggi dan dapat digunakan sebagai pakan ikan atau ternak. Tahap ini mencerminkan prinsip *Obtain a Yield*, karena menunjukkan hasil nyata dari proses yang telah dilakukan, yaitu berupa protein alami yang berguna dalam sistem pangan terintegrasi. Sementara itu, pemeliharaan lalat BSF dewasa diterapkan sebagai bagian dari siklus tertutup, di mana lalat dewasa menghasilkan telur baru untuk melanjutkan produksi larva. Tahap ini mengimplementasikan prinsip *Integrate Rather Than Segregate*, karena setiap komponen dari lalat hingga larva berfungsi sebagai bagian tak terpisahkan dari sistem yang saling mendukung. Hal ini juga mendukunng SDGs-12.

Permaculture memberikan wawasan praktis bagi peserta didik mengenai manfaat dan pentingnya melestarikan keanekaragaman hayati di sekitar mereka (Ferguson & Lovell, 2014). Pada sistem *permaculture* di kebun UPI yang dirancang dan disiapkan dari bulan Juli sampai November 2024 menyediakan berbagai tanaman hortikultura untuk dipelajari peserta didik mengenal keberagaman hayati yang tersedia dan juga terdapat satu bedengan khusus yang akan digunakan oleh peserta didik untuk melakukan praktik secara langsung untuk menanam, dan menyiram tumbuhan hortikultura di kebun UPI. Diharapkan peserta didik belajar tentang cara mempertahankan keanekaragaman hayati melalui praktik yang langsung dapat diterapkan (Jackson, 2002). Pendekatan ini membantu peserta didik membuat

keputusan secara mandiri guna menciptakan keseimbangan antara ekosistem yang sehat, ekonomi yang berkelanjutan dan adil, serta sistem sosial yang inklusif untuk semua pihak (Sweeney, 2017). Sistem *permaculture* juga mendorong peserta didik mengenali posisi mereka dalam lingkungan untuk mengatasi berbagai masalah lingkungan untuk mencapai pendidikan bersumber *permaculture* di luar ruangan dapat memperluas pemahaman peserta didik terhadap struktur kompleks planet kita dan memperkuat hubungan mereka dengan lingkungan tempat tinggal (Beames *et al*., 2012). Prinsip-prinsip *permaculture* mengajarkan pentingnya menjaga keseimbangan alam, mengurangi jejak ekologi, dan memanfaatkan sumber daya dengan bijak. Hal ini relevan dalam konteks pendidikan saat ini yang menekankan pentingnya menjaga lingkungan dan mendukung pembangunan berkelanjutan (Nurfajrina, 2021).

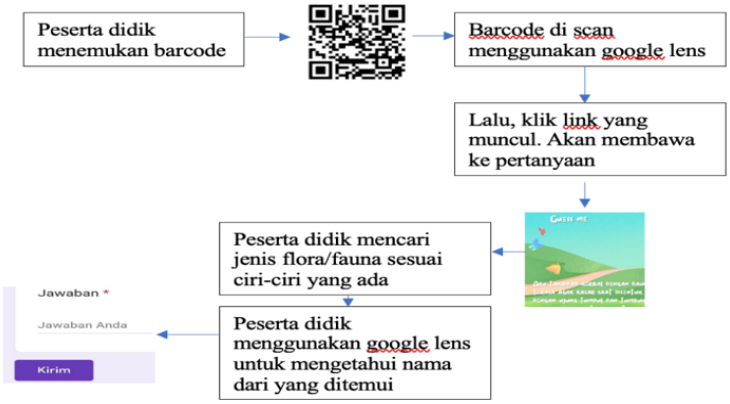
Meskipun desain *permaculture* memberikan banyak manfaat bagi lingkungan dan pendidikan. Terdapat tantangan muncul di antaranya adalah kurikulum sekolah yang seringkali padat, sehingga peserta didik mungkin tidak memiliki cukup waktu untuk benar-benar terlibat dalam sebuah kegiatan yang membutuhkan jangka waktu panjang (Ferguson & Lovell, 2014). Pengoperasian *permaculture* biasanya melibatkan beberapa tahapan, seperti perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan, yang dapat memakan waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun untuk melihat hasil yang signifikan. Kurikulum yang padat seringkali membatasi keterlibatan peserta didik dalam kegiatan-kegiatan seperti proyek, membuat mereka sulit untuk mendapatkan pengalaman praktek yang dibutuhkan untuk memahami konsep-konsep secara mendalam (Benson et al., 2018). Tanpa adanya integrasi yang kuat serta metode pembelajaran yang menarik, seperti permainan dengan keterlibatan peserta didik dalam kegiatan di *permaculture* bisa menjadi terbatas (Tridakusumah, 2023).

Implementasi *eco-gamification* dalam konteks *permaculture* juga memungkinkan peserta didik untuk bekerja dalam pribadi maupun kelompok. Kegiatan *eco-gamification* terdapat unsur permainan seperti mendapatkan point, level, pencapaian, lencana, dan papan peringkat (Ariani, 2020):



Gambar 2. 4. Unsur Permainan

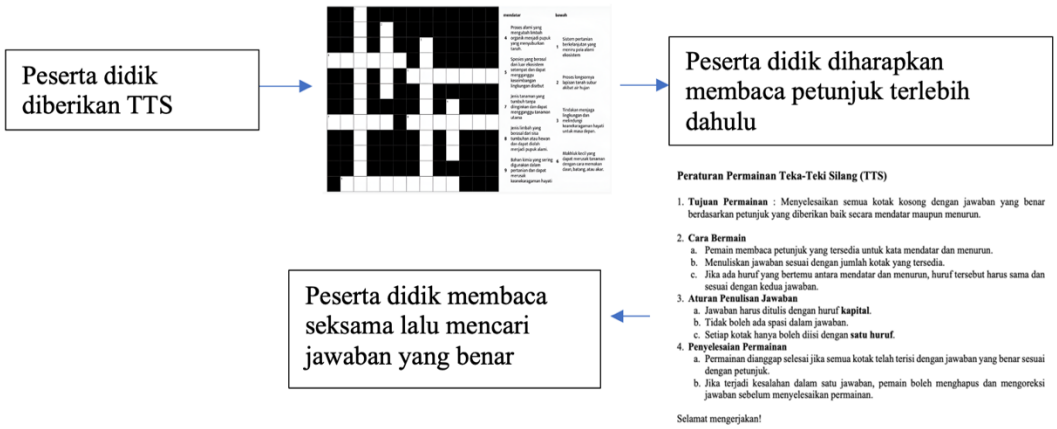
Teknis implementasi *eco-gamification* dalam konteks *permaculture* dirancang untuk mendorong keterlibatan peserta didik melalui elemen permainan seperti poin, level, pencapaian, lencana, dan papan peringkat. Setiap peserta didik akan mendapatkan poin setiap kali berhasil menebak nama spesies dengan benar dalam permainan *Guess Me*. Pada permainan *Guess Me* peserta didik akan mencari barcode yang tersebar di ketiga pos yang ada, Barcode berupa informasi ciri – ciri dari jenis tanaman atau informasi lainnya yang dapat mereka temui atau tanaman tersebut berada pada pos yang sama. Peserta didik akan memfoto barcode menggunakan handphone yang sudah diaktifkan fitur google lans, setelah itu akan muncul link, Peserta didik akan mengklik link tersebut dan akan membawa mereka ke permainan tebak-tebakan yang berisikan informasi dan mencari jenis flora dan fauna yang memiliki ciri-ciri tersebut, lalu peserta didik akan mengisi jawaban pada kolom yang disediakan. Berikut beberapa barcode yang disebarkan pada sistem *permaculture*.



Gambar 2. 5 Alur permainan Guess Me

Peserta didik yang menemukan jenis tumbuhan yang tepat akan mendapatkan point. Selain itu, papan peringkat digunakan untuk menampilkan perolehan skor peserta didik baik secara individu maupun kelompok, guna menciptakan suasana

kompetitif yang sehat. Dan terdapat permainan teka teki silang yang disiapkan untuk pertemuan selanjutnya di sistem *permaculture.* Teka teki silang bertujuan memberikan informasi tambahan atau kisi – kisi pada peserta didik untuk menulis informasi yang sesuai dengan intruksi guru. Berikut adalah alur permainan



Gambar 2. 6 Permainan teka-teki silang

Permainan teka teki silang juga menggunakan point jawaban yang benar akan diakumulasikan dan yang mendapatkan point terbanyak maka menjadi pemenangnya. Permainan guess me dan teka teki silang diadakan untuk menumbuhkan partisipan aktif peserta didik, sistem pencapaian dan lencana disiapkan sebagai bentuk penghargaan. Permainan ini diharapkan juga mampu menggali informasi tentang beberapa spesies yang mereka ketahui (Chairunnisa *et al*., 2022). Permainan ini memungkinkan peserta didik bermain secara individu untuk mengasah pengetahuan pribadi, atau dalam kelompok kecil yang mendorong kolaborasi dan diskusi antar peserta didik. Dengan pendekatan ini, proses pembelajaran tidak hanya menjadi lebih interaktif dan menyenangkan, tetapi juga membantu peserta didik mengenali nama-nama spesies agar tidak merasa asing terhadap keanekaragaman hayati di sekitar mereka.

2.5 Penelitian Relevan

Kajian mengenai studi terdahulu didapatkan dari laporan penelitian - penelitian sebelumnya tentang implementasi pembelajaran outdoor learning. Laporan penelitian penelitian sebelumnya dipaparkan pada bagian ini sebagai acuan penelitian dalam

mencari kebaruan. Laporan penelitian yang dipilih merupakan terbitan sejak lima tahun sebelumnya (2019-2024).

Penelitian yang dilakukan di wilayah Małopolska, Polandia Selatan, menyoroti pentingnya *anticipatory thinking* sebagai salah satu kompetensi kunci dalam pembangunan berkelanjutan. Kompetensi ini memungkinkan individu untuk memprediksi dan mempertimbangkan dampak dari keputusan yang diambil, baik dalam konteks sosial, ekonomi, maupun lingkungan. Penelitian ini melibatkan 877 siswa berusia 13–20 tahun dari wilayah pedesaan dan perkotaan, dan menggunakan metode survei dengan teknik penilaian diri untuk mengukur tingkat *anticipatory thinking* mereka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa usia dan tingkat pendidikan tidak memiliki korelasi signifikan terhadap kemampuan berpikir antisipatif. Namun, ditemukan bahwa siswa perempuan menunjukkan tingkat anticipatory thinking yang lebih rendah dibandingkan laki-laki. Selain itu, terdapat pengaruh dari lokasi tempat tinggal terhadap penguasaan kompetensi ini, meskipun tidak dijelaskan secara rinci dalam ringkasan penelitian. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa pengembangan kompetensi keberlanjutan, termasuk *anticipatory thinking*, tidak hanya dipengaruhi oleh faktor pendidikan formal, tetapi juga oleh faktor sosiodemografis lainnya seperti jenis kelamin (Mróz & Ocetkiewicz, 2024).

Penelitian relevan lainnya Penelitian di Denmark mengungkap bahwa meskipun pendidikan selalu membawa visi masa depan, kompetensi berpikir antisipatif belum menjadi fokus utama dalam praktik dan riset *Environmental and Sustainability Education* (ESE). Studi ini melibatkan tiga sekolah dasar yang telah menerapkan ESE lebih dari lima tahun, dengan pendekatan sistemik dan metode future workshop. Hasilnya menunjukkan bahwa peserta memiliki keinginan kuat untuk sekolah masa depan yang terbuka, terhubung dengan komunitas, dan memberi ruang untuk tindakan serta imajinasi. Namun, adanya kesenjangan antara kebutuhan akan transformasi dalam pendidikan berkelanjutan dan kurangnya pengembangan sistematis terhadap kompetensi berpikir antisipatif. Oleh karena itu, studi ini memberikan kontribusi penting dalam menyoroti perlunya strategi pedagogis dan didaktik yang lebih eksplisit

untuk menumbuhkan imajinasi masa depan secara kritis sebagai bagian dari pendidikan berkelanjutan yang transformatif (Pereira et al., 2007).

Penelitian yang dilakukan Alm *et al*. (2022) di swedia untuk memahami sejauh mana kesadaran dan pengetahuan mahasiswa terhadap *Sustainable Development Goals* (SDGs) dalam pendidikan tinggi, serta implikasinya terhadap kesiapan mereka menghadapi tantangan masa depan. Berdasarkan survei terhadap 30 mahasiswa magister, ditemukan bahwa mayoritas responden (93,3%) telah mengenal SDGs, dan sebagian besar menganggap keberlanjutan penting bagi karier masa depan mereka (rata-rata skor 4,6/5). Hasil survei juga menunjukkan bahwa pengalaman pembelajaran berbasis praktik nyata (*work-integrated learning*) berkontribusi signifikan terhadap pemahaman keberlanjutan dan pengembangan kompetensi utama, termasuk anticipatory competence. Dalam kompetensi anticipatory, peserta menunjukkan tingkat kesadaran tinggi terhadap tanggung jawab mereka dalam bertindak berkelanjutan (rata-rata skor 4,7/5) dan pentingnya mendidik generasi untuk masa depan yang berkelanjutan. Mereka juga optimis terhadap peran inovasi dan teknologi dalam mencapai tujuan keberlanjutan (rata-rata skor 4,3/5). Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa tidak hanya mampu memproyeksikan berbagai kemungkinan masa depan, tetapi juga mengembangkan kemampuan untuk menilai dan mempersiapkan diri menghadapi tantangan tersebut. Dengan demikian, integrasi SDGs dalam kurikulum, yang dikombinasikan dengan pengalaman dunia nyata, memperkuat kompetensi anticipatory dan menjadikan mahasiswa lebih siap sebagai agen perubahan di masa depan.

Penelitian yang dilakukan oleh Faber *et al*. (2024) yang melibatkan 490 mahasiswa yang mengikuti kursus biomedis tahun kedua di sebuah universitas. Penelitian ini berfokus pada keterampilan komunikasi ilmiah mahasiswa, yang merupakan keterampilan penting yang perlu dikembangkan untuk mendukung kinerja akademik mereka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Communication Learning in Practice for Scientists* (CLIPS), sumber daya yang disediakan oleh universitas, interaksi dengan staf pengajar, dan keterlibatan dengan literatur ilmiah secara signifikan memprediksi nilai laporan laboratorium mahasiswa, yang merupakan

tugas komunikasi ilmiah. Mahasiswa yang terdaftar dalam format pembelajaran campuran atau pembelajaran daring menunjukkan kinerja yang sebanding dalam laporan tertulis dan menggunakan pendekatan serta sumber daya yang serupa untuk mengembangkan keterampilan komunikasi ilmiah mereka. Namun, mahasiswa pembelajaran daring lebih banyak menggunakan sumber daya online lainnya, sementara mahasiswa pembelajaran campuran lebih banyak menggunakan sumber daya yang disediakan oleh universitas. Temuan ini menyoroti pentingnya keterampilan komunikasi ilmiah dan memberikan wawasan mengenai sumber daya dan pendekatan yang dapat membantu mahasiswa mengembangkan keterampilan ini secara baik.

Penelitian ini mengeksplorasi profil keterampilan komunikasi siswa dalam pembelajaran sains di sekolah dasar. Pendekatan kualitatif digunakan, dengan subjek penelitian sebanyak 100 siswa sekolah dasar negeri di Jawa Tengah, Indonesia. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi dan wawancara dengan siswa yang mengikuti kelas pembelajaran sains. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan analisis interaksi yang terdiri dari reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan komunikasi siswa dalam pembelajaran sains tergolong rendah, dengan skor rata-rata 1,96 atau 49,02%. Indikator yang sering ditemukan adalah kemampuan menjawab pertanyaan, dengan skor rata-rata 2,3 atau 57,60%. Sedangkan indikator yang jarang ditemukan adalah kemampuan mengajukan pertanyaan, dengan skor rata-rata 1,64 atau 40,93%. Sehingga diperlukan pengembangan model atau pendekatan pembelajaran (misalnya pendekatan ilmiah dan model inkuiri) guna meningkatkan keterampilan komunikasi siswa (Angganing *et al*., 2022).