

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Literasi Pangan Lokal

2.1.1.1 Definisi literasi pangan lokal

Literasi pangan lokal merujuk pada kemampuan seseorang untuk mengenali, memahami, dan mengaplikasikan pengetahuan tentang bahan pangan tradisional yang berasal dari daerah setempat (Faiz & Soleh, 2021). Konsep ini mencakup kesadaran terhadap ragam pangan lokal, pemahaman teknik pengelolaan lahan secara sederhana, pengakuan terhadap nilai budaya pangan lokal dalam kehidupan sosial, serta kesadaran akan keterkaitannya dengan keberlanjutan ekosistem. Literasi pangan lokal tidak hanya terbatas pada aspek kognitif, tetapi juga menyangkut sikap, nilai, dan perilaku yang mencerminkan kepedulian terhadap lingkungan, budaya, dan ketahanan pangan masyarakat (Nurlinda *et al.*, 2024).

Pendidikan pun memiliki peran penting dalam upaya menumbuhkan kesadaran terhadap pangan lokal dan kelestarian sumber daya lokal (Sumarwati *et al.*, 2024). Tetapi realitanya, menurut penelitian oleh Sumarwati dkk. (2024), menunjukkan bahwa peserta didik sekolah dasar masih memiliki literasi pangan lokal yang rendah. Mereka kurang mampu mengenali nilai budaya pangan lokal dan keterkaitannya dengan kelestarian lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa ada kekurangan dalam pemahaman dan pengetahuan tentang pangan lokal di kalangan peserta didik. Pentingnya kepedulian terhadap pangan lokal semakin diperkuat oleh studi lain yang dilakukan secara luas dari tahun ke tahun. Literasi pangan lokal muncul sebagai faktor kunci dalam mendukung ketahanan pangan dan mencegah stunting (Daulay *et al.*, 2023).

2.1.1.2 Indikator literasi pangan lokal

Di dalam sebuah gagasan yang dituliskan oleh Nurlinda *et al.* (2024) terhadap 4 poin yang menjadi indikator penelitian, yang akan dikembangkan oleh peneliti, yaitu sebagai berikut.

1. Pengetahuan berbagai jenis pangan lokal, yaitu kemampuan peserta didik dalam mengenali, menyebutkan, serta memahami ragam sumber pangan lokal yang tersedia di lingkungan sekitar.
2. Pemahaman pengelolaan lahan pangan lokal, yaitu keterampilan konseptual peserta didik dalam memahami cara pengelolaan lahan pangan secara tepat agar produktif dan tetap menjaga keberlanjutan sumber daya lokal.
3. Peran budaya pangan lokal dalam Pendidikan dan Masyarakat, yaitu pemahaman peserta didik mengenai nilai, tradisi, serta praktik budaya terkait dengan pangan lokal, baik dalam konteks pendidikan maupun kehidupan sosial masyarakat.
4. Keterkaitan pangan lokal dengan keberlanjutan ekosistem, yaitu kesadaran peserta didik terhadap hubungan antara pemanfaatan pangan lokal dengan upaya pelestarian ekosistem, keanekaragaman hayati, dan keseimbangan lingkungan.

2.1.1.3 Pengukuran literasi pangan lokal

Untuk mengukur variabel literasi pangan lokal, peneliti menggunakan instrumen berupa soal pilihan ganda, setiap soal memiliki 5 opsi jawaban (a,b,c,d dan e), dan peserta didik diminta untuk memilih satu jawaban yang dianggap benar. Kemudian akan diukur dengan penilaian poin, setiap jawaban benar maka akan diberi nilai 1 poin, sementara jika jawaban salah akan diberi nilai 0 poin. Hasil akhir dari penilaian ini adalah jumlah poin yang dimiliki oleh peserta didik, yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan tingkat kemampuan literasi pangan lokal.

2.1.2 *Ecological identity awareness*

2.1.2.1 Definisi *ecological identity awareness*

Ecological identity awareness merujuk pada kemampuan individu untuk menyadari keberadaan ekosistem, memahami dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, serta tanggung jawab moral terhadap pelestarian alam. Adinata & Setiawan (2024), menyebut bahwa pembelajaran yang melibatkan pengamatan langsung dan proyek berbasis lingkungan dapat memperkuat identitas ekologis

peserta didik. Peserta didik mulai melihat diri mereka sebagai bagian dari ekosistem, dan bukan hanya sebagai pengamat pasif.

Studi pengabdian di SMAN 1 Pinrang oleh peneliti sebelumnya, membuktikan bahwa program diskusi, pengujian (*pre-test* dan *post-test*), serta kegiatan praktis lingkungan meningkatkan pengetahuan peserta didik tentang isu lingkungan seperti pengelolaan sampah, konservasi sumber daya alam dan perubahan iklim, sehingga peserta didik menunjukkan peningkatan sikap positif terhadap pelestarian lingkungan (Ridwan Syam *et al.*, 2024). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa *ecological identity awareness* mencakup tiga aspek utama, antara lain kesadaran ekologis (*ecological awareness*), partisipasi ekologis (*ecological participation*), dan keterampilan ekologis (*ecological skills*). Pendidikan berbasis lingkungan, pembelajaran proyek, dan pengalaman nyata di lapangan terbukti sebagai metode efektif dalam membangun ketiga aspek tersebut di kalangan peserta didik (Widiyawati *et al.*, 2025).

2.1.2.2 Indikator *ecological identity awareness*

Indikator *ecological identity awareness* dalam penelitian ini dikembangkan dari teori Widiyati, Suprpto dkk. (2025) yang menekankan pentingnya kesadaran, partisipasi, dan keterampilan ekologis dalam membangun identitas individu yang berpihak pada kelestarian lingkungan. Konsep ini juga diperkuat oleh penelitian lain yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis lingkungan efektif dalam menumbuhkan identitas ekologis peserta didik, baik dalam aspek sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Berikut dapat dilihat 3 indikator *ecological identity awareness*:

Tabel 2. 1 Indikator *Ecological identity awareness*

No.	Indikator	Definisi
1.	Kesadaran ekologis (<i>ecological awareness</i>)	Kemampuan individu untuk memahami keterkaitan antara perilaku manusia dan dampaknya terhadap ekosistem, serta

		menumbuhkan rasa tanggung jawab dalam menjaga keberlanjutan lingkungan.
2.	Partisipasi ekologis (<i>ecological participation</i>)	Keterlibatan aktif individu dalam kegiatan yang mendukung pelestarian lingkungan, seperti pengelolaan sampah, konservasi air, penanaman pohon, dan aksi nyata menjaga ekosistem sekitar.
3.	Keterampilan ekologis (<i>ecological skills</i>)	Kemampuan praktis individu dalam menerapkan pengetahuan ekologis, misalnya melalui praktik daur ulang, pemanfaatan sumber daya secara keberlanjutan, dan inovasi ramah lingkungan.

Sumber: Widiyawati *et al.* (2025)

2.1.2.3 Indikator pengukuran *ecological identity awareness*

Untuk mengukur variabel *ecological identity awareness*, peneliti menggunakan instrumen berupa soal pilihan ganda, setiap soal memiliki 5 opsi jawaban (a,b,c,d dan e), dan peserta didik diminta untuk memilih satu jawaban yang dianggap benar. Kemudian akan diukur dengan penilaian poin, setiap jawaban benar maka akan diberi nilai 1 poin, sementara jika jawaban salah akan diberi nilai 0 poin. Hasil akhir dari penilaian ini adalah jumlah poin yang dimiliki oleh peserta didik, yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan tingkat *ecological identity awareness* peserta didik.

2.1.3 Model PjBL berbasis *School of Biodiversity*

2.1.3.1 Definisi Model PjBL

Model pembelajaran PjBL adalah suatu pendekatan pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai pusat aktivitas dalam melakukan proyek nyata yang bermakna, di mana mereka merancang, menjalankan, dan mempresentasikan produk akhir berdasarkan investigasi terhadap masalah dunia nyata (Retnasari, 2023). Langkah-langkah dalam PjBL biasanya meliputi pemilihan atau formulasi masalah / pertanyaan, perencanaan proyek, pelaksanaan proyek, pemantauan dan

revisi proyek, serta presentasi dan refleksi hasil (Retnasari, 2023). Menurut Fita Sari (2024), sintak PjBL antara lain:

1. penentuan pertanyaan mendasar (*start with the essential question*);
2. mendesain perencanaan proyek (*design a plan for the project*);
3. menyusun jadwal (*create a schedule*);
4. memantau peserta didik dan kemajuan proyek (*monitor the students and the progress of the project*);
5. menguji hasil (*assess the outcome*); dan
6. mengevaluasi pengalaman (*evaluate the experience*)

2.1.3.2 Kelebihan dan Kekurangan

Model PjBL menawarkan pengalaman belajar yang kaya namun menuntut. Kelebihan utama PjBL terletak pada kemampuannya meningkatkan motivasi belajar peserta didik dan membuat suasana belajar menjadi menyenangkan, karena melibatkan mereka dalam pekerjaan penting yang hasilnya dihargai (Susilawati, 2021). Model ini secara efektif melatih kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik, serta mendorong mereka untuk menjadi lebih aktif dalam menganalisis informasi kompleks yang relevan dengan dunia nyata (Susilawati, 2021). Namun, implementasi PjBL menghadapi tantangan signifikan. Kekurangan utamanya adalah memerlukan banyak waktu untuk menyelesaikan masalah dan menghasilkan produk, sehingga sulit diintegrasikan dalam jadwal kurikulum yang padat (Habibah, 2024). Selain itu, PjBL juga membutuhkan biaya yang cukup besar untuk pengadaan fasilitas, peralatan, dan bahan yang memadai untuk proyek yang otentik. Tantangan lain adalah tuntutan terhadap guru yang harus terampil dan mau belajar dalam memfasilitasi dan mengawasi jalannya proyek (Dinda *et al.*, 2021).

Guna mengantisipasi berbagai tantangan tersebut, guru dapat menyiasati keterbatasan waktu melalui pembagian jadwal pengerjaan proyek secara semi-mandiri di luar jam pelajaran dengan panduan LKPD yang terstruktur. Selain itu, masalah pembiayaan dapat ditekan dengan mengoptimalkan pemanfaatan keanekaragaman hayati dan ekosistem di kebun sekolah sebagai laboratorium alam yang gratis namun autentik. Terakhir, tantangan keterampilan guru dapat diatasi melalui penerapan sintaks model pembelajaran yang operasional serta penyusunan

instrumen monitoring yang sistematis untuk mempermudah pengawasan jalannya investigasi peserta didik.

2.1.3.3 Definisi *School of Biodiversity*

Dasar teori utama dari konsep *school of biodiversity* (SoB) berakar pada perpaduan antara teori Pembelajaran Kontekstual (*contextual teaching and learning*) dan prinsip-prinsip Pendidikan Konservasi yang mengedepankan pemanfaatan keanekaragaman hayati lokal sebagai sumber belajar primer. Konsep SoB menekankan tiga prinsip esensial kontekstual, interaktif/visual, dan kesadaran ekologis yang ditujukan untuk menjembatani kesenjangan antara pengetahuan kelas dan realitas lingkungan peserta didik, menjadikan pengalaman belajar lebih bermakna. Kajian dan penelitian sebelumnya secara konsisten mendukung pendekatan pembelajaran berbasis lingkungan ini, karena terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains, berpikir kritis, serta menumbuhkan keterampilan aksi dan partisipasi ekologis. Secara khusus, penelitian ini merujuk pada Ameliya (2023), yang mendefinisikan dan merumuskan SoB sebagai kerangka kerja spesifik untuk secara eksplisit menargetkan peningkatan literasi pangan lokal dan *ecological identity awareness* melalui integrasi aspek-aspek lokal dan visual.

Pendekatan *School of Biodiversity* (SoB) merupakan suatu strategi pembelajaran biologi yang menekankan pemanfaatan keanekaragaman hayati lokal sebagai sumber belajar utama. Pendekatan ini mengintegrasikan aspek visual, interaktif, dan kontekstual sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna. Untuk memaksimalkan potensi ini, SoB tidak hanya memanfaatkan lingkungan sekolah, tetapi juga mendorong kolaborasi dengan masyarakat dan lembaga konservasi lokal misalnya, melibatkan petani pangan lokal atau pakar kehutanan agar peserta didik memperoleh pengetahuan *hands-on* yang otentik. Tujuan utama penerapan pendekatan SoB adalah memberikan pemahaman ekologis sekaligus menumbuhkan kesadaran pelestarian lingkungan melalui kegiatan pembelajaran yang dekat dengan kehidupan sehari-hari (Ameliya, 2023).

2.1.3.4 Integrasi PjBL berbasis *school of biodiversity*

Integrasi PjBL dengan pendekatan SoB menghasilkan kerangka pembelajaran yang menempatkan proyek nyata berbasis biodiversitas lokal sebagai

inti proses belajar. Dalam integrasi ini, SoB menyediakan sumber dan konteks lokal (flora, fauna, praktik pangan lokal) yang menjadi fokus investigasi proyek, sedangkan PjBL menyediakan alur kerja (sintaks) yang sistematis untuk mengarahkan peserta didik melakukan observasi, pengumpulan data, analisis, pembuatan produk, dan refleksi. Pendekatan semacam ini terbukti efektif meningkatkan pemahaman ekologis dan keterampilan berpikir kritis karena peserta didik belajar dari masalah nyata dan data lapangan (Fatimah *et al.*, 2023).

Selain itu, integrasi PjBL dan perspektif biodiversitas lokal mendorong keterlibatan emosional dan afektif peserta didik terhadap alam faktor penting dalam membangun *ecological identity awareness* melalui aktivitas lapangan, dokumentasi, dan kolaborasi lintas kelompok (Maolida *et al.*, 2024). Oleh karena itu, menggabungkan SoB ke dalam setiap tahapan PjBL dari orientasi masalah sampai evaluasi/refleksi memungkinkan pengalaman belajar yang kontekstual, interaktif, dan berkelanjutan sehingga literasi pangan lokal dan *ecological identity awareness* dapat ditumbuhkan secara lebih autentik. Adapun langkah-langkah pembelajaran yang dapat dilakukan berdasarkan penerapan model PjBL berbasis SoB pada materi Ekosistem sebagai berikut.

1. Penentuan Pertanyaan Mendasar (*Start with the Essential Question*)

Pada tahapan ini, guru mengintegrasikan pendekatan SoB melalui kegiatan investigasi, di mana peserta didik diajak langsung ke kebun sekolah untuk mengamati karakteristik komponen biotik dan abiotik yang ada di ekosistem tersebut. Berdasarkan hasil observasi lapangan terhadap keanekaragaman hayati yang ditemukan, guru mengajukan pertanyaan pemicu yang kontekstual dan terbuka, seperti bagaimana peran biodiversitas kebun sekolah dalam menjaga keseimbangan agroekosistem sekaligus potensinya sebagai sumber pangan lokal masyarakat. Melalui pengamatan dan pertanyaan esensial tersebut, peserta didik melakukan *brainstorming* kelompok untuk mengaitkan interaksi makhluk hidup secara nyata dengan kearifan pangan lokal, yang kemudian memicu gagasan kritis mereka dalam menentukan fokus proyek investigasi yang akan diselesaikan.

2. Mendesain Perencanaan Proyek (*Design a Plan for the Project*)

Pada tahapan ini, peserta didik dibagi menjadi beberapa kelompok heterogen untuk merencanakan proyek secara partisipatif, menentukan metode, alat, serta sumber daya yang akan digunakan dalam mengimplementasikan pendekatan SoB. Guna memperluas ruang lingkup studi biodiversitas ke ranah agroekosistem yang lebih luas, guru mengarahkan perencanaan proyek dengan memberikan tugas investigasi luar sekolah berupa wawancara terstruktur dengan petani lokal. Melalui instrumen pertanyaan yang telah disediakan secara sistematis di dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), setiap kelompok menyusun strategi pembagian tugas dan teknik pengambilan data lapangan untuk menggali kearifan lokal, pola budidaya, serta pemanfaatan keanekaragaman hayati tumbuhan pangan oleh masyarakat setempat.

3. Menyusun Jadwal (*Create a Schedule*)

Pada tahap ini, peserta didik bersama guru menyepakati linimasa penyelesaian proyek. Contoh integrasi SoB, membuat jadwal secara spesifik mencakup waktu untuk aktivitas lapangan/observasi (interaktif) guna mengumpulkan data primer mengenai keanekaragaman hayati lokal.

4. Memantau Peserta Didik dan Kemajuan Proyek (*Monitor the Students and the Progress of the Project*)

Tahap ini merupakan inti dari implementasi lapangan pendekatan SoB, di mana guru secara aktif memantau aktivitas dan memberikan bimbingan kepada setiap kelompok selama menjalankan investigasi biodiversitas. Melalui monitoring ini, guru mengarahkan peserta didik agar mampu mengaitkan data hasil observasi serta wawancara petani lokal dengan konsep fungsi ekosistem dan literasi pangan. Bimbingan intensif ini bertujuan untuk memastikan validitas data lapangan peserta didik sekaligus membantu mengatasi hambatan teknis agar proyek pembuatan peta pangan (*food mapping*) pada poster dan infografis berjalan sesuai target.

5. Menguji Hasil (*Assess the Outcome*)

Peserta didik menyajikan dan memamerkan produk akhir proyek mereka, dan guru melakukan penilaian. Contohnya, peserta didik menyajikan hasil temuan biodiversitas lokal dan analisis ekosistem dalam bentuk karya nyata (misalnya:

poster digital, peta biodiversitas ekosistem lokal, atau model hubungan interaksi dalam ekosistem).

6. Mengevaluasi Pengalaman (*Evaluate the Experience*)

Guru dan peserta didik melakukan refleksi terhadap proses proyek dan produk yang dihasilkan. Contohnya, diskusi diarahkan untuk menumbuhkan kesadaran ekologis peserta didik, membahas kesulitan dan keberhasilan, serta menyimpulkan pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati yang telah mereka amati untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

2.1.3.5 Kelebihan dan Kekurangan

Model PjBL berbasis SoB merupakan salah satu inovasi pembelajaran yang mampu menghubungkan pengetahuan ilmiah dengan konteks lingkungan nyata di sekitar peserta didik. Kelebihan dari penerapan model ini menjadikannya relevan untuk menumbuhkan *ecological literacy*, *scientific thinking*, dan *environmental awareness* peserta didik di abad ke-21.

Menurut Fatimah *et al.* (2023) dan Maolida *et al.* (2024), model PjBL dengan pendekatan *School of Biodiversity* memiliki sejumlah kelebihan sebagai berikut:

- 1) Kontekstual dan berbasis pengalaman langsung, karena peserta didik belajar melalui proyek nyata seperti observasi ekosistem sekolah atau konservasi keanekaragaman hayati lokal, sehingga pengetahuan menjadi lebih bermakna (*authentic learning*).
- 2) Mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah dan ekologis, seperti kemampuan mengobservasi, menganalisis hubungan antar-komponen ekosistem, serta memahami dampak aktivitas manusia terhadap keseimbangan ekosistem (Fatimah *et al.*, 2023).
- 3) Meningkatkan kesadaran dan tanggung jawab ekologis peserta didik, karena pembelajaran menempatkan mereka sebagai agen pelestarian biodiversitas di lingkungannya (Niemiller *et al.*, 2021).
- 4) Mendorong kolaborasi dan komunikasi ilmiah, sebab kegiatan proyek dilaksanakan secara berkelompok dan menuntut diskusi, penyusunan laporan, serta presentasi hasil secara terbuka (Maolida *et al.*, 2024).

- 5) Mendukung pembelajaran lintas disiplin (interdisipliner), karena topik ekosistem mencakup aspek biologi, geografi, lingkungan, bahkan sosial budaya (Fatimah *et al.*, 2023).
- 6) Menumbuhkan kemandirian dan kreativitas belajar, karena peserta didik berperan aktif dalam menentukan tema, rancangan proyek, serta produk yang dihasilkan (Maolida *et al.*, 2024).

Di sisi lain, penerapan model PjBL berbasis SoB juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan agar pelaksanaannya berjalan efektif sebagai berikut.

- a) Membutuhkan waktu dan perencanaan yang lebih panjang, terutama pada tahap observasi lapangan, pengumpulan data, dan penyusunan produk proyek.
- b) Menuntut kesiapan guru dalam peran sebagai fasilitator dan pembimbing lapangan, karena guru harus menguasai aspek ekologi, biodiversitas, dan manajemen proyek secara bersamaan (Niemiller *et al.*, 2021).
- c) Ketersediaan sumber belajar di lingkungan sekolah terbatas, misalnya kurangnya area hijau atau fasilitas observasi yang memadai untuk mendukung kegiatan biodiversitas.
- d) Kemungkinan kesenjangan partisipasi antar-peserta didik, di mana peserta didik yang kurang aktif atau kurang percaya diri bisa mengalami kesulitan dalam bekerja kolaboratif.
- e) Evaluasi hasil belajar lebih kompleks, karena mencakup aspek pengetahuan, keterampilan proses, produk, dan sikap ekologis yang harus dinilai secara holistik (Fatimah *et al.*, 2023).

Untuk memastikan efektivitas implementasi model PjBL berbasis *School of Biodiversity* (SoB), upaya mitigasi harus dilakukan terhadap beberapa keterbatasan yang mungkin timbul.

- a. Melakukan penjadwalan proyek yang ketat dengan membagi proyek besar menjadi sub-tugas mingguan (*milestone*) yang jelas. Observasi lapangan dilakukan secara terstruktur melalui format LKPD yang terpandu (*scaffolding*) untuk efisiensi waktu, bukan eksplorasi bebas tanpa batas.

- b. Mengadakan pelatihan singkat (*workshop*) bagi guru mengenai praktik *hands-on* biodiversitas lokal dan teknik manajemen proyek PjBL. Guru juga dapat berkolaborasi dengan guru mata pelajaran lain (*interdisipliner*) atau memanfaatkan sumber daya manusia lokal (*community experts*) untuk mengisi kesenjangan pengetahuan teknis (seperti yang disarankan Niemiller *et al.*, 2021).
- c. Redefinisi konsep lingkungan belajar. Jika area hijau sekolah terbatas, fokus observasi dialihkan ke ekosistem yang lebih kecil dan mudah diakses (misalnya, mikroekosistem di parit, pot tanaman pangan lokal, atau kompos).
- d. Menggunakan strategi pembagian peran yang spesifik dan wajib dalam tim proyek (misalnya, ada pencatat data, desainer visual, analis ekologis, dan *presenter*).
- e. Mengembangkan rubrik penilaian yang terstruktur dan detail sejak awal proyek. Penilaian dibagi berdasarkan jenis (penilaian produk, penilaian proses, penilaian sikap) dengan bobot yang jelas, sehingga memudahkan guru dalam memberikan skor secara holistik dan objektif (Fatimah *et al.*, 2023).

2.1.4 Deskripsi Materi Ekosistem

2.1.4.1 Pengertian ekosistem

Ekosistem merupakan suatu sistem ekologis yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup (komponen biotik) dengan lingkungan fisiknya (komponen abiotik). Di dalam ekosistem, setiap organisme berperan sebagai bagian dari rantai kehidupan yang saling bergantung dan berinteraksi secara dinamis untuk menjaga keseimbangan lingkungan (Wilson & Primack, 2019). Hubungan tersebut meliputi proses transfer energi, daur materi, dan interaksi antarpopulasi seperti predasi, kompetisi, dan simbiosis. Menurut Wilson dan Primack (2019), keanekaragaman hayati atau biodiversitas memiliki 3 tingkatan utama, yaitu:

- a. Keanekaragaman genetik, yaitu variasi gen dalam satu spesies yang memungkinkan organisme beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.
- b. Keanekaragaman spesies, yaitu banyaknya jenis makhluk hidup yang terdapat di suatu ekosistem.

- c. Keanekaragaman ekosistem, yaitu variasi habitat atau lingkungan tempat hidup makhluk hidup yang berbeda-beda.

Cakupan ekosistem meliputi cahaya, air, tanah, dan suhu dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Ekosistem Darat

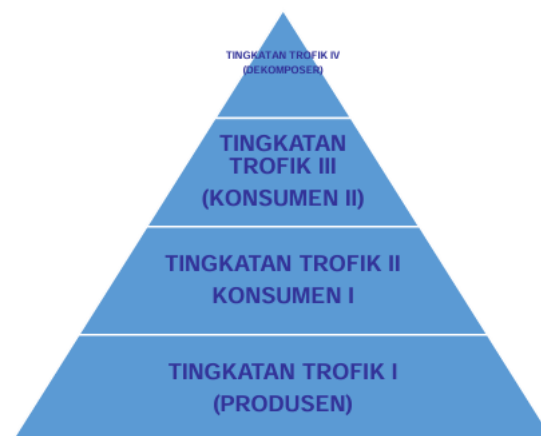
Sumber: Djohar Maknun (2017)

Dengan demikian, ekosistem tidak hanya mencakup hubungan antarorganisme, tetapi juga interaksi dengan faktor fisik seperti cahaya, air, tanah, dan suhu. Pemahaman mengenai ekosistem sangat penting agar manusia mampu menjaga keberlanjutan sumber daya alam serta mengelola lingkungan secara bijak demi keseimbangan kehidupan di bumi.

Menurut Undang-undang Lingkungan hidup (1982) ekosistem adalah tatanama kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Di dalam ekosistem terdapat makhluk hidup (biotik) dan lingkungan yang tidak hidup (abiotik). Ekosistem merupakan tingkat organisme yang lebih tinggi dari komunitas, atau merupakan kesatuan dari komunitas dengan lingkungannya di mana terjadi antarhubungan. Di sini tidak hanya mencakup serangkaian spesies tumbuhan dan hewan saja, tetapi juga segala macam bentuk materi yang melakukan siklus dalam sistem itu serta energi yang menjadi sumber kekuatan. Untuk mendapatkan energi dan materi yang diperlukan untuk hidupnya semua komunitas bergantung kepada lingkungan abiotik. Organisme produsen

memerlukan energi, cahaya, oksigen, air, dan garam-garam yang semuanya diambil dari lingkungan abiotik.

Energi dan materi dari konsumen tingkat pertama diteruskan ke konsumen tingkat kedua dan seterusnya ke konsumen-konsumen lainnya melalui jaring-jaring makanan. Materi dan energi berasal dari lingkungan abiotik akan kembali lagi ke lingkungan abiotik. Dalam hal ini komunitas dalam lingkungan abiotiknya merupakan suatu sistem yang disebut ekosistem. Jadi konsep ekosistem menyangkut semua hubungan dalam suatu komunitas dan di samping itu juga semua hubungan antara komunitas dan lingkungan abiotiknya. Hubungan dinamis dalam ekosistem melibatkan beberapa komponen-komponen. Komponen-komponen tersebut dapat dilihat dari dua aspek yang berbeda, yaitu dari aspek jenjang makan (trophic level/chain food level) dan aspek kehidupan. Dari aspek jenjang makan, ekosistem terdiri dari komponen autotrofik dan komponen heterotrofik, yang ditekankan pada level transfer energi. Berikut tingkatan trofik di ekosistem dapat dilihat pada gambar 2.2



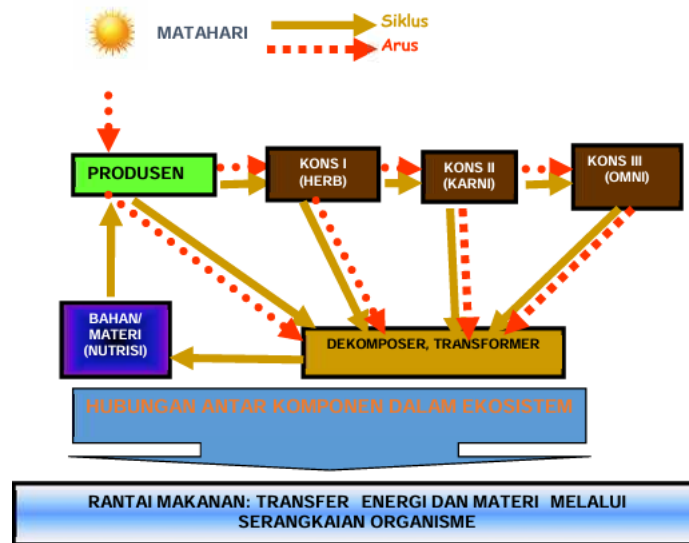
Gambar 2. 2 Tingkatan Trofik

Sumber: Djohar Maknun (2017)

2.1.4.2 Komponen ekosistem

Ekosistem tersusun atas dua komponen utama, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik, yang saling berinteraksi membentuk keseimbangan ekologis. Menurut Wilson & Primack (2019), keseimbangan ekosistem terjadi ketika kedua komponen tersebut mampu menjalankan fungsi ekologisnya secara

berkesinambungan melalui proses aliran energi dan siklus materi. Berikut diagram sederhana aliran energi dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Transfer Energi dan Materi Melalui Organisme

Sumber: Djohar Maknun (2017)

Organisme yang sumber makanannya diperoleh dari tumbuhan dengan jumlah langkah yang sama di sebut mempunyai tingkat trofik (trofik level) yang sama. Tingkat trofik 1 adalah produsen, tingkat II adalah herbivora dan tingkat trofik III adalah carnivora (konsumen II). Penggolongan organisme berdasar tingkat trofik (jenjang makanan) di dasarkan atas fungsi organisme dalam rantai makanan dan bukan berdasarkan atas spesies. Oleh karena itu satu spesies dalam populasi dapat menduduki lebih dari satu jenjang makanan. Dari 100 % cahaya matahari yang dapat di dimanfaatkan untuk fotosintesis hanya 1 %, sedangkan 80– 90 % energi potensial makanan akan hilang dalam transfer energi dalam makanan. Oleh karena itu hanya sedikit populasi manusia dapat ditopang pada masyarakat (populasi) yang diet utamanya adalah daging, karena untuk menghasilkan daging memerlukan rantai makanan yang panjang.

- 1) Komponen biotik mencakup seluruh makhluk hidup yang terdapat dalam suatu ekosistem, baik tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme. Berdasarkan perannya dalam rantai makanan, komponen biotik dibedakan menjadi tiga kelompok utama:

1. Produsen (autotrof), organisme yang mampu menghasilkan makanan sendiri melalui fotosintesis, seperti tumbuhan hijau dan fitoplankton.
 2. Konsumen (heterotrof), organisme yang memperoleh energi dengan memakan makhluk hidup lain, misalnya hewan herbivora, karnivora, dan omnivora.
 3. Dekomposer (pengurai), organisme seperti bakteri dan jamur yang menguraikan sisa-sisa makhluk hidup menjadi bahan anorganik yang berguna bagi produsen. Interaksi antara ketiga kelompok tersebut membentuk jaring-jaring makanan yang menjadi dasar kestabilan ekosistem.
- 2) Komponen abiotik meliputi seluruh faktor fisik dan kimia yang mendukung kehidupan organisme. Faktor-faktor tersebut antara lain cahaya matahari, air, udara, suhu, tanah, pH, dan mineral. Menurut Cardinale *et al.* (2018), variasi faktor abiotik dapat memengaruhi produktivitas ekosistem, distribusi spesies, dan dinamika populasi. Oleh karena itu, perubahan kecil dalam komponen abiotik, seperti peningkatan suhu global, dapat menyebabkan gangguan besar pada keseimbangan ekosistem.
- 3) Rantai makanan

Rantai makanan merupakan perpindahan energi makanan dari sumber daya tumbuhan melalui seri organisme atau melalui jenjang makan (tumbuhan-herbivora-karnivora). Pada setiap tahap pemindahan energi, 80– 90% energi potensial hilang sebagai panas, karena itu langkah-langkah dalam rantai makanan terbatas 4-5 langkah saja. Dengan perkataan lain, semakin pendek rantai makanan semakin besar pula energi yang tersedia (Djohar Maknun, 2017). Contoh rantai makanan dapat dilihat pada gambar 2.4.



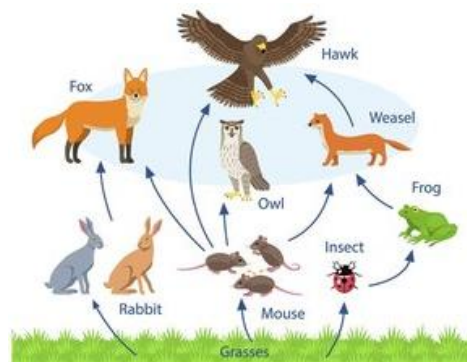
Gambar 2. 4 Rantai Makanan

Sumber: Cipta *et al.* (2015)

Ada dua tipe dasar rantai makanan, yaitu rantai makanan rerumputan (*grazing food chain*) Misal, tumbuhan-herbivora-carnivora dan rantai makanan sisa (*detritus food chain*) Bahan mati mikroorganisme (detrivora = organisme pemakan sisa) predator.

4) Jaring-Jaring Makanan

Jaring-jaring makanan merupakan sekumpulan rantai makanan yang saling berhubungan. Dalam suatu ekosistem, suatu rantai makanan akan berhubungan dengan rantai makanan yang lain. Semakin kompleks jaring-jaring makanan maka semakin tinggi tingkat kestabilan ekosistem. Berikut ini contoh dari jaring-jaring makanan (Annisa Rahmah *et al.*, 2021). Contoh dari gambar jaring-jaring makanan dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Jaring-Jaring Makanan

Sumber: (Annisa Rahmah *et al.*, 2021)

2.1.4.3 Jenis-jenis ekosistem

1. Ekosistem Alami

Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia, di mana keseimbangan antar komponen biotik dan abiotik berlangsung secara dinamis dan berkesinambungan. Ekosistem alami dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu:

1. Ekosistem darat (terrestrial) dicirikan oleh perbedaan mendasar pada kondisi iklim, topografi, dan jenis vegetasi. Keragaman ini melahirkan beberapa bioma utama. Hutan hujan tropis pada gambar 2.6 menjadi ekosistem darat dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, ditandai oleh curah hujan sangat tinggi (di atas 2000 mm per tahun) dan suhu yang relatif stabil sepanjang tahun, dengan contoh utama seperti Hutan Kalimantan dan Amazon. Selain itu, terdapat sabana pada gambar 2.6, yang merupakan padang rumput luas yang diselingi oleh pohon-pohon yang tumbuh jarang, lazim ditemukan di Afrika Timur dan Nusa Tenggara Timur. Kebalikan dari hutan tropis, gurun pada gambar 2.6 adalah ekosistem yang dicirikan oleh curah hujan sangat rendah (kurang dari 250 mm per tahun) serta memiliki suhu yang ekstrem, seperti Gurun Sahara. Sementara di wilayah beriklim dingin, terdapat tundra pada gambar 2.6 yang dicirikan oleh suhu sangat rendah dan keberadaan tanah beku permanen (permafrost) di wilayah kutub utara. Terakhir, di wilayah beriklim sedang dengan perbedaan musim yang jelas, ditemukan Hutan Gugur pada gambar 2.6 dan Hutan Konifer. Jenis-jenis ekosistem darat dapat dilihat pada gambar 2.6.



Hutan hujan tropis



Sabana



Gurun



Tundra



Hutan gugur

Gambar 2. 6 Jenis-Jenis Ekosistem Darat

Sumber : Fitriani (2010)

2. Ekosistem perairan (akuatik) adalah ekosistem yang sebagian besar lingkungannya didominasi oleh air. Klasifikasi utama ekosistem ini didasarkan pada kadar garam yang dimilikinya. Pertama, Ekosistem Air Tawar pada gambar 2.7 dicirikan oleh kadar garam yang rendah, meliputi lingkungan seperti sungai, danau, rawa, dan kolam. Kedua, Ekosistem Air Laut pada gambar 2.7 memiliki kadar garam tinggi, rata-rata mencapai 35 per mil. Ekosistem ini mencakup laut, samudra, serta ekosistem pesisir yang sangat penting seperti terumbu karang, mangrove, dan padang lamun. Terakhir, terdapat Ekosistem Estuari pada gambar 2.7, yaitu area pertemuan dinamis antara air laut dan air tawar. Jenis-jenis ekosistem perairan dapat dilihat pada gambar 2.7.



Ekosistem air tawar



Ekosistem air laut



Ekosistem estuari

Gambar 2. 7 Jenis-Jenis Ekosistem Perairan

Sumber: Fitriani (2010)

2. Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan adalah sistem ekologi yang dibentuk dan dikelola oleh manusia untuk memenuhi tujuan spesifik, seperti mendukung pertanian, perikanan, atau kehidupan perkotaan. Ekosistem jenis ini sangat bergantung pada intervensi dan pemeliharaan oleh manusia agar tetap seimbang dan produktif. Contohnya termasuk Sawah dan Ladang, yang merupakan rekayasa manusia untuk produksi pangan dan melibatkan interaksi terkontrol antara tanaman budidaya dengan tanah

dan mikroorganisme. Contoh lain adalah Tambak dan Kolam Ikan, di mana manusia secara aktif mengontrol populasi ikan, suplai air, dan pemberian pakan. Selain itu, Kota atau Permukiman juga merupakan ekosistem buatan yang kompleks; lingkungan ini didominasi oleh faktor-faktor buatan seperti bangunan dan sistem drainase, namun tetap menjadi wadah bagi kehidupan biotik, termasuk manusia, hewan peliharaan, dan tumbuhan hias.

2.1.4.4 Interaksi dalam ekosistem

Interaksi dalam ekosistem adalah hubungan timbal balik antara komponen biotik (organisme hidup) dan abiotik, atau antar organisme sendiri, yang memengaruhi struktur, fungsi, dan stabilitas ekosistem. Hubungan ini sangat penting untuk dipahami karena menentukan bagaimana energi bergerak, populasi bertahan dan menyesuaikan diri, serta bagaimana ekosistem merespons perubahan lingkungan (Khoirrun *et al.*, 2025).

Berikut beberapa jenis interaksi yang sering ditemukan di ekosistem:

a. Interaksi antar-individu

Mutualisme, jenis interaksi di mana kedua organisme yang terlibat mendapatkan manfaat. Contoh mutualisme bunga dan lebah dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Mutualisme Bunga dan Lebah

Sumber : Hutianti (2022)

Komensalisme, hubungan di mana satu organisme diuntungkan dan yang lain tidak dirugikan maupun diuntungkan secara signifikan. Contoh komensalisme antara hiu dan ikan remora dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Komensalisme Hiu dan Ikan Remora

Sumber: Hutianti (2022)

Parasitisme, terjadi ketika satu pihak untung (parasit), pihak lain rugi (inang). Contohnya, Cacing pita (mendapat makanan) hidup di usus manusia (rugi/sakit).

b. Interaksi antar-populasi

- a) Kompetesi, terjadi ketika dua atau lebih organisme bersaing untuk sumber daya yang terbatas, seperti cahaya, air, nutrisi, ruang (Sartinayanti Sartianayanti, 2023).
- b) Predasi, interaksi dimana satu organisme (pemangsa / herbivor) memakan organisme lain sebagai bagian dari rantai makanan. Contoh predasi singa memakan kambing dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Predasi Singa Memangsa *Wildebeest*

Sumber: Hutianti (2022)

c. Interaksi antar komponen biotik dan abiotik

pengaruh biotik pada abiotik (misalnya, akar tanaman mengikat tanah mencegah erosi) dan pengaruh abiotik pada biotik (misalnya, ketersediaan air dan unsur hara menentukan pertumbuhan tanaman). Interaksi ini sangat krusial karena merupakan mekanisme terjadinya Aliran Energi dan Siklus Materi contoh paling utama adalah Fotosintesis, di mana komponen biotik (produsen) memanfaatkan

energi cahaya matahari (abiotik) dan karbon dioksida (abiotik) untuk menghasilkan energi kimia.

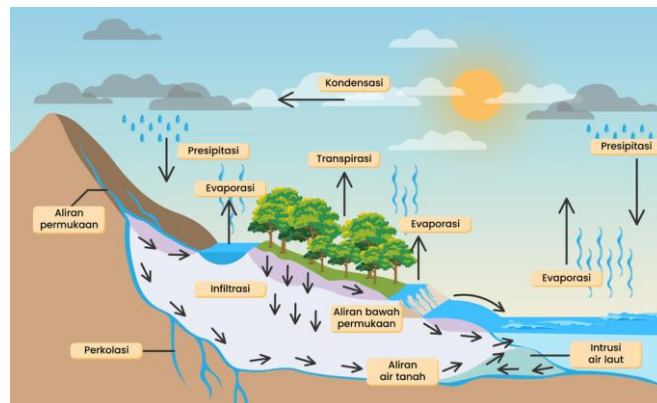
2.1.4.5 Daur Biogeokimia

Biogeokimia merupakan pertukaran atau perubahan yang terus menerus, antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkatan trofik tak hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik di daur ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air. Daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan batuan (geofisik) sehingga disebut daur biogeokimia. Fungsi daur biogeokimia adalah sebagai siklus materi yang melibatkan semua unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi tetap terjaga.

1. Daur Air

Air di atmosfer berada dalam bentuk uap air. Uap air berasal dari air di daratan dan laut yang menguap karena panas cahaya matahari. Sebagian besar uap air di atmosfer berasal dari laut karena laut mencapai $\frac{3}{4}$ luas permukaan bumi. Uap air di atmosfer terkondensasi menjadi awan yang turun ke daratan dan laut dalam bentuk hujan. Air hujan di daratan masuk ke dalam tanah membentuk air permukaan tanah dan air tanah. Tumbuhan darat menyerap air yang ada di dalam tanah. Dalam tubuh tumbuhan air mengalir melalui suatu pembuluh. Kemudian melalui transpirasi uap air dilepaskan oleh tumbuhan ke atmosfer.

Transpirasi oleh tumbuhan mencakup 90% penguapan pada ekosistem darat. Hewan memperoleh air langsung dari air permukaan serta dari tumbuhan dan hewan yang dimakan, sedangkan manusia menggunakan sekitar seperempat air tanah. Sebagian air keluar dari tubuh hewan dan manusia sebagai urin dan keringat. Air tanah dan air permukaan sebagian mengalir ke sungai, kemudian ke danau dan ke laut. Daur ini disebut Daur Panjang. Sedangkan daur yang dimulai dengan proses Transpirasi dan Evapotranspirasi dari air yang terdapat di permukaan bumi, lalu diikuti oleh Presipitasi atau turunnya air ke permukaan bumi disebut Daur Pendek. Daur air dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2. 11 Daur Air

Sumber: Djohar Maknun (2017)

2. Daur Karbon dan Oksigen

Proses timbal balik fotosintesis dan respirasi seluler bertanggung jawab atas perubahan dan pergerakan utama karbon. Naik turunnya CO_2 dan O_2 atmosfer secara musiman disebabkan oleh penurunan aktivitas fotosintetik. Dalam skala global kembalinya CO_2 dan O_2 ke atmosfer melalui respirasi hampir menyeimbangkan pengeluarannya melalui fotosintesis. Akan tetapi pembakaran kayu dan bahan bakar fosil menambahkan lebih banyak lagi CO_2 ke atmosfer. Sebagai akibatnya jumlah CO_2 di atmosfer meningkat. CO_2 dan O_2 atmosfer juga berpindah masuk ke dalam dan ke luar sistem akuatik, dimana CO_2 dan O_2 terlibat dalam suatu keseimbangan dinamis dengan bentuk bahan anorganik lainnya. Daur karbon dan oksigen dapat dilihat pada gambar 2.12



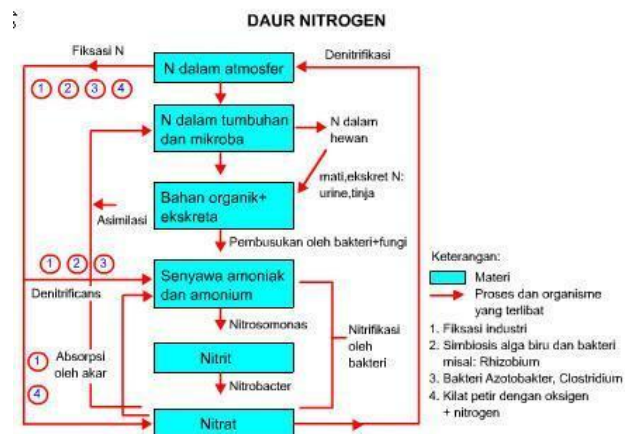
Gambar 2. 12 Daur Karbon dan Oksigen

Sumber: Djohar Maknun (2017)

3. Daur Nitrogen

Di alam, Nitrogen terdapat dalam bentuk senyawa organik seperti urea, protein, dan asam nukleat atau sebagai senyawa anorganik seperti ammonia, nitrit, dan nitrat. Daur nitrogen adalah transfer nitrogen dari atmosfer ke dalam tanah. Selain air hujan yang membawa sejumlah nitrogen, penambahan nitrogen ke dalam tanah terjadi melalui proses fiksasi nitrogen. Fiksasi nitrogen secara biologis dapat dilakukan oleh bakteri *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan polong-polongan, bakteri *Azotobacter* dan *Clostridium*. Selain itu ganggang hijau biru dalam air juga memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen.

Nitrat yang di hasilkan oleh fiksasi biologis digunakan oleh produsen (tumbuhan) diubah menjadi molekul protein. Selanjutnya jika tumbuhan atau hewan mati, makhluk pengurai merombaknya menjadi gas amoniak (NH_3) dan garam ammonium yang larut dalam air (NH_4^+). Proses ini disebut dengan amonifikasi. Bakteri *Nitrosomonas* mengubah amoniak dan senyawa ammonium menjadi nitrat oleh *Nitrobacter*. Apabila oksigen dalam tanah terbatas, nitrat dengan cepat ditransformasikan menjadi gas nitrogen atau oksida nitrogen oleh proses yang disebut denitrifikasi. Daur nitrogen dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2. 13 Daur Nitrogen

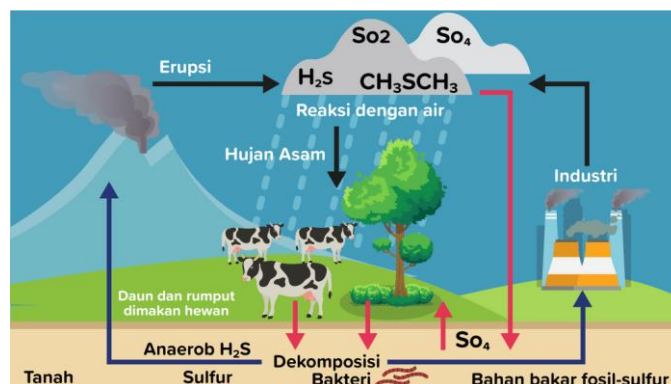
Sumber: Djohar Maknun (2017)

4. Daur Sulfur

Dalam daur ini terjadi peristiwa oksidasi (O_2) dan reduksi (R), yang merupakan kunci pertukaran cadangan SO_4 yang tersedia dengan cadangan sulfida

besi yang terdapat dalam tanah sebagai persediaan cadangan. Daur S dan N banyak dipengaruhi oleh populasi asap pabrik dan pembakaran bahan bakar fosil. SO_2 akan mempengaruhi fotosintesa sedangkan NO_2 akan mempengaruhi respirasi hewan. Juga NO_2 dengan adanya sinar ultraviolet akan bereaksi dengan hidrokarbon yang tidak terbakar (dari mobil) dan mengakibatkan kabut fotokimia yang pedih, inilah efek sinergisme NO_2 , dengan sinar ultraviolet. Sulfur terdapat dalam bentuk sulfat anorganik.

Sulfur direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan kadang-kadang terdapat dalam bentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida ini seringkali mematikan makhluk hidup di perairan dan pada umumnya dihasilkan dari penguraian bahan organik yang mati. Tumbuhan menyerap sulfur dalam bentuk sulfat (SO_4). Perpindahan sulfat terjadi melalui proses rantai makanan, lalu semua makhluk hidup mati dan akan diuraikan komponen organiknya oleh bakteri. Beberapa jenis bakteri terlibat dalam daur sulfur, antara lain *Desulfomaculum* dan *Desulfibrio* yang akan mereduksi sulfat menjadi sulfida dalam bentuk hidrogen sulfida (H_2S). Kemudian H_2S digunakan bakteri fotoautotrof anaerob seperti *Chromatium* dan melepaskan sulfur dan oksigen. Sulfur di oksidasi menjadi sulfat oleh bakteri kemolitotrof seperti *Thiobacillus*. Daur sulfur dapat dilihat pada gambar 2.14



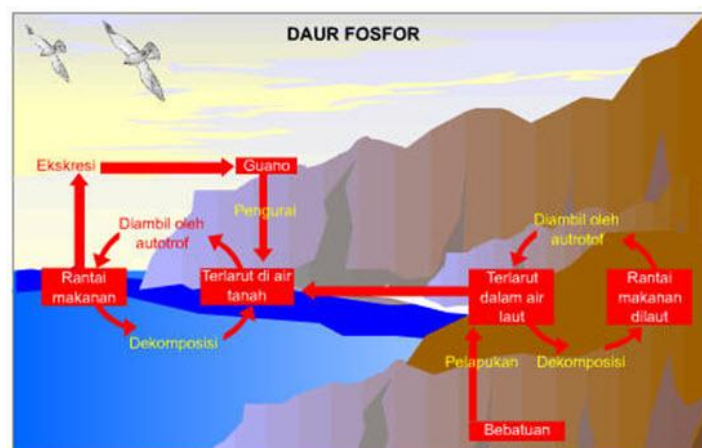
Gambar 2. 14 Daur Sulfur

Sumber: Djohar Maknun (2017)

5. Daur Fosfor

Fosfor merupakan elemen yang langka dibanding dengan nitrogen dalam perairan $P:N_2 = 1:23$, pengolahan tanah di USA selama 50 tahun mengurangi

kandungan fosfor dalam bentuk P_2O_5 sebesar 36 %. Fosfor merupakan elemen penting dalam kehidupan karena semua makhluk hidup membutuhkan fosfor dalam bentuk ATP (Adenosin Tri Fosfat), sebagai sumber energi untuk metabolisme sel. Fosfor terdapat di alam dalam bentuk ion fosfat (PO_4^{3-}). Ion Fosfat terdapat dalam bebatuan. Adanya peristiwa erosi dan pelapukan menyebabkan fosfat terbawa menuju sungai hingga laut membentuk sedimen. Adanya pergerakan dasar bumi menyebabkan sedimen yang mengandung fosfat muncul ke permukaan. Di darat tumbuhan mengambil fosfat yang terlarut dalam air tanah. Herbivora mendapatkan fosfat dari tumbuhan yang dimakannya dan karnivora mendapatkan fosfat dari herbivora yang dimakannya. Seluruh hewan mengeluarkan fosfat melalui urin dan feses. Bakteri dan jamur mengurai bahan-bahan anorganik di dalam tanah lalu melepaskan fosfor kemudian diambil oleh tumbuhan. Daur fosfor dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2. 15 Daur Fosfor

Sumber: Djohar Maknun (2017)

2.1.4.6 Peran ekosistem bagi kehidupan

Ekosistem memberikan manfaat besar dan beragam yang mendukung kesejahteraan manusia serta kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya. Berdasarkan penelitian-terkini, beberapa peran utama ekosistem antara lain:

1. Penyedia layanan pangan sumber daya alam (*Provisioning Services*) dan layanan pendukung (*supporting*), Ekosistem menyediakan makanan, sumber daya kayu dan bahan baku lainnya. Contohnya dalam studi *Kelulut stingless*

beekeeping ditemukan bahwa lebah kelulut menyediakan madu (sumber pangan) dan mendukung penyerbukan tanaman, yang membantu hasil pertanian lokal (Lawasi *et al.*, 2023).

2. Pengaturan lingkungan, mengatur iklim, kualitas udara dan air, mitigasi banjir, pengendalian erosi, dan penyerbukan. Misalnya, *urban agriculture* dalam ekosistem perkotaan di Indonesia melakukan regulasi iklim mikro dan membantu stabilitas lingkungan di tengah pembangunan kota (Fauzia *et al.*, 2024).
3. Jasa budaya, selain manfaat fisik, ekosistem juga memiliki nilai estetis, rekreasi, dan edukatif. Contoh: *mangrove ecotourism* di Gili Sulat meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan peserta didik dan masyarakat, serta memperkuat nilai edukasi tentang kelestarian ekosistem pesisir (Afifah *et al.*, 2024).
4. Nilai konservasi dan biodiversitas, berperan sebagai habitat bagi berbagai spesies serta menjaga keanekaragaman hayati agar tetap lestari.
5. Kesehatan dan kualitas hidup manusia, membantu pemurnian air, penyediaan udara bersih, dan keseimbangan iklim lokal yang pada gilirannya menjaga kesehatan masyarakat.

2.1.4.7 Ancaman terhadap keseimbangan ekosistem

Ancaman terhadap keanekaragaman hayati dan ekosistem bersumber dari berbagai aktivitas manusia. Deforestasi dan degradasi habitat merupakan penyebab utama, di mana pembukaan lahan secara masif untuk pertanian, perkebunan, dan permukiman mengakibatkan hilangnya tutupan hutan dan kerusakan habitat bagi flora dan fauna endemik. Ancaman lain adalah perubahan iklim global, dengan peningkatan suhu Bumi, perubahan pola curah hujan, dan kenaikan permukaan laut yang secara langsung memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem, terutama ekosistem pesisir dan laut. Selain itu, pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah industri, plastik, pestisida, dan logam berat mencemari tanah, air, dan udara, sehingga menurunkan kualitas lingkungan dan membahayakan rantai makanan. Dalam konteks ini, Purnomo *et al.* (2023) bahkan menegaskan bahwa pencemaran mikroplastik di perairan Indonesia sudah mengancam biota laut dan berpotensi

masuk ke tubuh manusia melalui konsumsi ikan. Kemudian, eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya alam, seperti penangkapan ikan berlebih (*overfishing*), pembalakan liar, dan penambangan tanpa reklamasi, menyebabkan ketidakseimbangan populasi dan degradasi ekosistem. Terakhir, invasi spesies asing juga mengancam keseimbangan ekosistem lokal; spesies yang masuk ke suatu wilayah dapat mengganggu spesies asli dengan memangsa, bersaing, atau menggantikan posisi mereka.

2.1.4.8 Upaya pelestarian ekosistem

1. Konservasi in-situ dilakukan dengan melindungi spesies dan habitat di tempat aslinya, seperti taman nasional, suaka margasatwa, dan kawasan cagar alam.
2. Konservasi ex-situ dilakukan di luar habitat alami, seperti kebun botani, kebun binatang, atau bank genetik.
3. Rehabilitasi dan restorasi ekosistem
4. Pengelolaan berkelanjutan (*Sustainable Management*)
5. Pendidikan dan kesadaran lingkungan

2.2 Hasil Penelitian yang relevan

Berdasarkan penelitian oleh Ko *et al.* (2024) yang mengevaluasi program *Food Literacy* untuk peserta didik, hasilnya menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran yang terstruktur (modul + aktivitas lapangan/praktik) berhasil meningkatkan kompetensi literasi pangan peserta didik, termasuk aspek pengetahuan pangan berkelanjutan dan sikap memilih pangan yang lebih ramah lingkungan. Studi ini relevan karena menegaskan bahwa program pendidikan terfokus dapat meningkatkan *food literacy* yang juga mencakup dimensi keberlanjutan.

Selanjutnya, kajian sistematis mengenai *ecoliteracy competencies* oleh Murti *et al.* (2025) menemukan bahwa pendekatan pembelajaran yang bersifat *experiential* dan *project-based* secara konsisten efektif dalam membangun kompetensi ekologis termasuk pengetahuan ekologis, sikap/*awareness*, dan keterampilan praktis. Temuan ini mendukung gagasan bahwa PjBL yang memanfaatkan sumber daya lokal (mis. biodiversitas sekolah) potensial meningkatkan *ecological identity* peserta didik melalui keterlibatan langsung.

Penelitian oleh Niemiller *et al.* (2021) yang menelaah penerapan *project based learning* dalam pendidikan biodiversitas menunjukkan bahwa PjBL secara signifikan meningkatkan paparan dan pemahaman peserta didik terhadap keanekaragaman hayati, terutama ketika proyek mencakup kerja lapangan, dokumentasi, dan *citizen-science*. Meskipun studi ini berfokus pada level perguruan tinggi, mekanismenya relevan untuk sekolah menengah: keterlibatan lapangan dan produk proyek mendorong kesadaran ekologis dan keterikatan emosional terhadap lingkungan.

Di konteks Indonesia, penelitian-penelitian terapan menunjukkan hasil studi oleh Dini Annisha *et al.* (2024) melaporkan bahwa program edukasi dan praktik pemanfaatan pangan lokal meningkatkan pengetahuan masyarakat/peserta (termasuk peserta didik) tentang jenis-jenis pangan lokal dan cara pengolahannya dengan implikasi positif pada kesadaran budaya pangan lokal. Ini mendukung kemungkinan PjBL–SoB meningkatkan literasi pangan lokal melalui proyek berbasis sumber daya lokal.

Selain itu, kajian praktis di sekolah oleh Narendra Parahita *et al.* (2023) menyimpulkan bahwa program sekolah yang menggabungkan aktivitas lapangan (observasi, proyek lingkungan, pameran) mampu meningkatkan kesadaran ekologis dan partisipasi peserta didik dalam kegiatan konservasi lokal komponen inti dari *ecological identity awareness*. Hasil ini memperkuat bukti bahwa intervensi sekolah yang kontekstual dan berbasis lingkungan efektif untuk membentuk sikap dan partisipasi ekologis peserta didik.

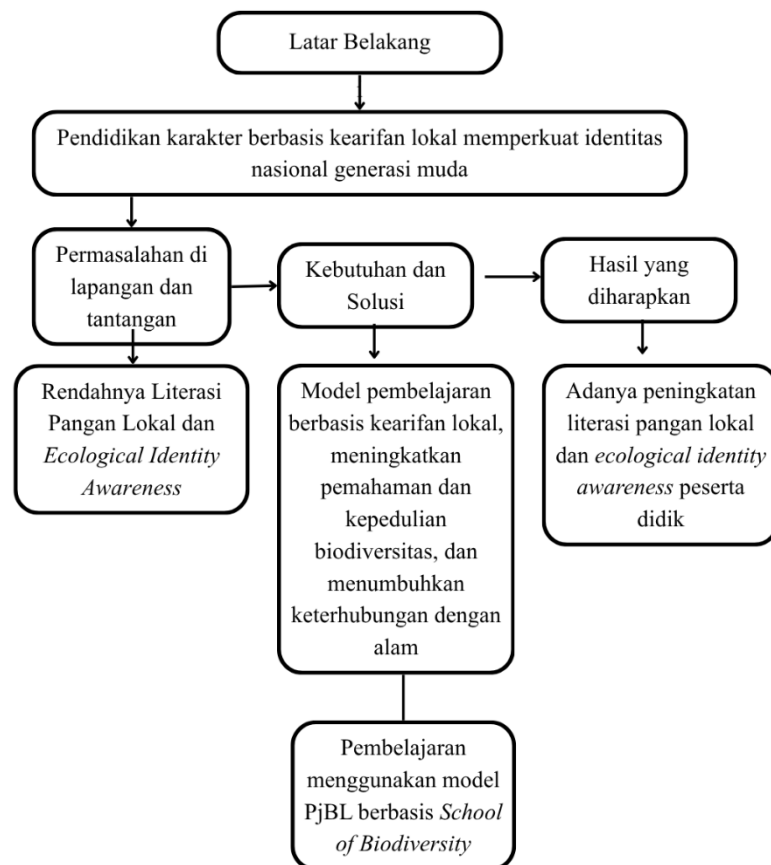
2.3 Kerangka Konseptual

Penelitian ini didasarkan pada pemikiran bahwa pendidikan karakter berbasis kearifan lokal dapat menjadi salah satu upaya strategis dalam memperkuat identitas nasional generasi muda. Namun, realita di lapangan menunjukkan adanya tantangan serius, di mana tingkat literasi pangan lokal dan *ecological identity awareness* di kalangan peserta didik masih tergolong rendah. Kondisi ini semakin mengkhawatirkan karena kontribusinya terhadap renggangnya keterhubungan manusia dengan lingkungan serta menurunnya kepedulian terhadap kelestarian biodiversitas lokal. Maka dari itu, diperlukan sebuah solusi berupa model

pembelajaran yang mampu memfasilitasi peserta didik untuk mengalami proses belajar secara langsung dan bermakna.

Salah satu model pembelajaran yang relevan dengan permasalahan tersebut adalah model pembelajaran berbasis kearifan lokal yang mampu meningkatkan pemahaman serta kepedulian terhadap biodiversitas. Model ini diharapkan dapat menumbuhkan kembali keterhubungan emosional dan praktis antara peserta didik dengan alam sekitarnya. Melalui pendekatan yang kontekstual, peserta didik didorong untuk aktif mengeksplorasi potensi lokal yang ada, sehingga pengetahuan yang terbentuk tidak hanya bersifat teoritis melainkan juga fungsional bagi kehidupan mereka sehari-hari.

Sejalan dengan kebutuhan tersebut, model PjBL berbasis SoB dipilih sebagai alternatif solusi utama penelitian ini. PjBL menuntut peserta didik untuk terlibat dalam perancangan dan pelaksanaan proyek nyata, sementara pendekatan SoB memberikan kerangka kerja yang fokus pada pelestarian kearifan lokal dan biodiversitas. Dengan demikian, penerapan model PjBL berbasis SoB diasumsikan dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan literasi pangan lokal dan penguatan *ecological identity awareness* peserta didik. Kerangka konseptual dari penelitian ini secara skematis dapat dilihat pada gambar 2. 16



Gambar 2. 16 Gambar Kerangka Konseptual

Sumber: Data Pribadi

2.4 Hipotesis Penelitian

Ha1 : Terdapat efektivitas penggunaan Model *Project Based Learning* berbasis *School of Biodiversity* terhadap Literasi Pangan Lokal pada Materi Ekosistem di Kelas X SMAN 2 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2025/2026.

Ha2 : Terdapat efektivitas penggunaan Model *Project Based Learning* berbasis *School of Biodiversity* terhadap *Ecological identity awareness* pada Materi Ekosistem di Kelas X SMAN 2 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2025/2026.