

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Keterampilan Berpikir Kritis

2.1.1.1 Pengertian Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis merupakan “*Critical thinking is reasonable and reflective thinking focused on deciding what to believe or do*”. Definisi ini menekankan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan suatu proses berpikir yang masuk akal dan reflektif, difokuskan untuk memutuskan apa yang harus dipercaya atau dilakukan (Ennis, 2011). Menurut Supriyanto Manurung et al. (2023) berpikir kritis merupakan proses yang kompleks yang dapat membantu mengevaluasi ide dengan sistematis dalam pemecahan masalah. Laporan untuk *American Philosophical Association*, keterampilan berpikir kritis dipahami sebagai “*purposeful, self-regulatory judgment which results in interpretation, analysis, evaluation, and inference*” ditambah keterampilan memberikan penjelasan berkaitan dengan pertimbangan bukti, konsep, metodologi, kriteria, atau konteks yang mendasarinya (Facione, 1990).

Selanjutnya, menurut Allen (2004) keterampilan berpikir kritis sebagai cara berpikir disiplin seseorang dalam mengevaluasi validitas suatu ide, argumen, pertanyaan, menentukan informasi yang relevan, membedakan fakta dari opini, serta mengidentifikasi bias dan asumsi. Kemudian keterampilan berpikir kritis juga merupakan pertimbangan yang aktif, gigih, dan hati-hati terhadap keyakinan atau bentuk pengetahuan yang diduga, berdasarkan alasan yang mendukungnya dan kesimpulan lebih lanjut yang cenderung menjadi tujuannya (Dewey, 1933). Selain itu, keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan keterampilan menganalisis masalah, menemukan solusi, serta menciptakan inovasi (Perdana et al., 2025).

Berdasarkan dari beberapa pendapat tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan sebuah keterampilan proses berpikir yang terarah, reflektif, dan rasional yang dimiliki oleh setiap individu untuk mengevaluasi ide, argumen, dan informasi secara sistematis melalui interpretasi,

analisis, evaluasi, inferensi, dan penjelasan sehingga mampu mengambil keputusan, memecahkan masalah, dan menciptakan inovasi secara tepat.

2.1.1.2 Urgensi Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis sebagai salah satu kompetensi abad ke-21 yang memberdayakan peserta didik untuk analisis, sintesis, mengevaluasi validitas informasi, menarik kesimpulan, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti dan penalaran yang kuat (Utami et al., 2022). Hasil penelitian dalam *The Value of Critical Thinking in Higher Education and the Labour Market*, keterampilan berpikir kritis sangat penting dalam dunia kerja karena membantu karyawan untuk beradaptasi dengan perubahan situasional, mengambil keputusan berbasis bukti, serta memecahkan masalah kompleks melalui pendekatan analitis dan kreatif (Indrašienė et al., 2021). Selain itu, keterampilan berpikir kritis berperan penting dalam membantu peserta didik untuk mengelola pembelajaran, mengolah informasi, dan mengoptimalkan pengembangan potensi diri (Mardhiyah et al., 2021).

Keterampilan berpikir kritis dapat memperkuat keterampilan pengambilan keputusan dan pemecahan masalah sehingga individu yang mampu berpikir kritis akan lebih baik dalam mengevaluasi bukti, mempertimbangkan berbagai alternatif, dan mengurangi dampak bias kognitif dalam proses berpikir (Plummer et al., 2022). Peserta didik yang memiliki keterampilan berpikir kritis akan beradaptasi terhadap dinamika perubahan, menyelesaikan masalah secara inovatif, dan berkontribusi produktif dalam masyarakat berbasis pengetahuan (Zahra et al., 2024). Keterampilan ini penting karena membantu peserta didik untuk analisis informasi, identifikasi masalah, dan menarik kesimpulan berbasis bukti (Ridwan, 2021).

Berdasarkan dari beberapa pendapat tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa keterampilan berpikir kritis memiliki urgensi dalam konteks pendidikan, dunia kerja, maupun kehidupan bermasyarakat. Keterampilan ini dalam dunia kerja membantu individu untuk mengambil keputusan yang tepat, memecahkan masalah, serta beradaptasi dengan perubahan yang kompleks. Sementara itu, dalam ranah pendidikan dan kemasyarakatan, keterampilan ini menjadi bekal bagi individu untuk mengevaluasi informasi dan memilah fakta dari opini. Oleh karena itu,

berpikir kritis sebagai kompetensi hidup yang mendukung perkembangan pribadi dan sosial untuk membentuk individu yang rasional dan bertanggung jawab.

2.1.1.3 Cara Pemberdayaan Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang esensial dalam pembelajaran biologi. Keterampilan ini menuntut peserta didik untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menginterpretasikan berbagai fenomena alam serta data ilmiah. Penerapan keterampilan ini dalam materi ekosistem memfasilitasi peserta didik untuk memahami konsep abstrak seperti interaksi antar komponen biotik dan abiotik, mekanisme aliran energi, serta dinamika keseimbangan lingkungan.

Pemberdayaan keterampilan berpikir kritis dapat diimplementasikan melalui model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student-centered*). Model *Problem Based Learning* (PBL) yaitu pendekatan *student centered learning* dengan menekankan pemecahan masalah nyata, bersifat interdisiplin, menempatkan peserta didik sebagai subjek dalam pembelajaran, mengembangkan kerja sama, dan pendidik sebagai fasilitator (Ardianti et al., 2021). PBL mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada indikator menarik kesimpulan, menunjukkan bahwa PBL efektif melatih peserta didik untuk memahami inti permasalahan dan menyusun solusi dari data yang ditemukan, kemudian indikator keterampilan dukungan dasar dalam memberikan bukti untuk mendukung argumen (Handayani et al., 2022). Guru sebagai fasilitator yang menyediakan pengalaman belajar agar peserta didik aktif mengamati, mengajukan pertanyaan, serta menganalisis informasi untuk menemukan pemahaman yang lebih mendalam (Ainun Nuha et al., 2020).

Selain model pembelajaran yang tepat, pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (*AI*) seperti *Gemini AI* sangat penting untuk memberdayakan keterampilan abad ke-21 (Mulianingsih et al., 2020). *Gemini AI* yaitu sistem *AI* multimodal yang dikembangkan *Google*, mampu memproses teks, gambar, dan audio untuk meningkatkan proses pembelajaran melalui akses informasi cepat, dan berfungsi sebagai katalisator dalam peningkatan analisis, evaluasi, penyusunan argumen, pengalaman belajar multimodal yang interaktif, keterampilan berpikir kritis, dan

dukungan kolaborasi (Septiana et al., 2025; Afiqah Binti Ahmad & Irwan Padli Nasution, 2025). Oleh karena itu, peserta didik tidak hanya menguasai konsep ilmiah tetapi mampu menganalisis dan memberikan solusi inovatif terhadap permasalahan lingkungan.

2.1.1.4 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Pengukuran keterampilan berpikir kritis peserta didik memerlukan sejumlah indikator yang berfungsi sebagai alat ukur untuk menilai sejauh mana proses berpikir peserta didik. Keterampilan berpikir kritis dalam penelitian ini diukur menggunakan kerangka konseptual. Kerangka tersebut mencakup 12 sub indikator yang diklasifikasikan ke dalam 5 kategori utama, yaitu *elementary clarification* (memberikan penjelasan sederhana), *basic support* (membangun keterampilan dasar), *inference* (membuat kesimpulan), *advanced clarification* (memberikan penjelasan lebih lanjut), dan *strategy and tactics* (mengatur strategi dan taktik) (Ennis, 2011). Indikator keterampilan berpikir kritis terdapat pada Tabel 2. 1 berikut.

Tabel 2. 1 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

No	Indikator	Sub Indikator
1	Memberikan penjelasan sederhana (<i>Elementary Clarification</i>)	1. Memfokuskan pertanyaan
		2. Menganalisis Argumen
		3. Bertanya dan menjawab suatu pertanyaan tantangan
2	Membangun keterampilan dasar (<i>Basic Support</i>)	4. Menilai kredibilitas suatu sumber
		5. Mengobservasi dan menilai hasil observasi
3	Membuat inferensi (<i>Inference</i>)	6. Membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi
		7. Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi
		8. Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan
4	Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>Advanced Clarification</i>)	9. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi
		10. Mengidentifikasi asumsi
5	Mengatur strategi dan taktik (<i>Strategy and Tactics</i>)	11. Menentukan tindakan
		12. Berinteraksi dengan orang lain

Sumber: Ennis (2011)

Tabel indikator keterampilan berpikir kritis di atas digunakan untuk pengukuran keterampilan berpikir kritis peserta didik yang menunjukkan bahwa peserta didik diharapkan dapat menguasai indikator tersebut. Pengukuran keterampilan berpikir kritis peserta didik dilakukan dengan pemberian soal tes berupa soal *essay* dengan berjumlah 23 soal pada saat sebelum dan setelah proses pembelajaran dengan materi ekosistem yang telah disesuaikan berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis.

2.1.1.5 Cara Pengukuran Keterampilan Berpikir Kritis

Salah satu instrumen yang banyak digunakan sebagai rujukan adalah Ennis-Weir *Critical Thinking Essay Test* yang menyajikan sebuah wacana atau argumen kemudian dianalisis oleh peserta didik. Keterampilan peserta didik dinilai berdasarkan kriteria tertentu, seperti kejelasan dalam mengidentifikasi isu, kekuatan argumen yang dibangun, evaluasi terhadap bukti, dan keterampilan menarik inferensi yang logis. Kelebihan utama dari tes *essay* adalah kemampuannya menyingkap pola penalaran peserta didik secara mendalam sehingga peneliti dapat mengetahui sejauh mana keterampilan berpikir kritis benar-benar dikuasai. Namun, kelemahan tes *essay* terletak pada waktu penskoran yang relatif lebih lama dan perlunya rubrik penilaian yang jelas agar hasilnya reliabel. Oleh karena itu, penggunaan tes *essay* memerlukan persiapan instrumen yang matang, termasuk pedoman penskoran yang terstandar.

2.1.2 Keterampilan Kolaborasi

2.1.2.1 Pengertian Keterampilan Kolaborasi

Keterampilan kolaborasi merupakan keterampilan abad ke-21 yang esensial dalam mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan era digital (Latifah & Kartika, 2023). Keterampilan kolaborasi merupakan keterampilan belajar untuk merencanakan dan bekerja sama, mempertimbangkan berbagai perspektif, dan berpartisipasi dalam berkontribusi, mendengarkan, serta mendukung pendapat anggota kelompok (Greenstein, 2012). Keterampilan kolaborasi merupakan keterampilan bekerja sama dalam kelompok dengan indikator kerja sama, tanggung jawab, komunikasi, kompromi, dan fleksibilitas yang perlu diterapkan dalam

pembelajaran (Firman et al., 2023). Keterampilan kolaborasi membantu individu untuk bekerja sama secara efektif dan menyelesaikan masalah secara kolektif (Rofiudin et al., 2024).

Keterampilan kolaborasi dalam proses belajar berfungsi untuk membangun interaksi yang lebih aktif antar peserta didik. Adanya kerja sama ini membuat peserta didik dapat menanggapi perbedaan pendapat, saling bertukar pengetahuan, memberikan masukan satu sama lain, serta bekerja sama secara terstruktur dalam kelompok (Sarifah & Hanif, 2025). Keterampilan kolaborasi sebagai keterampilan peserta didik dalam membangun interaksi sosial melalui diskusi, berbagi ide, dan menghargai pendapat orang lain dalam proses pembelajaran (Ningtyas et al., 2025). Penerapan pembelajaran keterampilan kolaborasi terbukti mampu memperkuat rasa percaya diri dan semangat belajar peserta didik, karena keterlibatan dalam diskusi dan dukungan antar anggota (Sihite et al., 2025).

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa keterampilan kolaborasi merupakan keterampilan yang perlu dimiliki peserta didik untuk bekerja sama secara efektif melalui komunikasi, kontribusi, serta tanggung jawab bersama. Keterampilan kolaborasi tidak hanya membantu peserta didik dalam membangun interaksi dan kerja sama yang efektif, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan hasil belajar serta kemampuan sosial mereka. Oleh karena itu, keterampilan ini menjadi aspek penting yang perlu dikembangkan secara berkelanjutan melalui strategi pembelajaran yang menarik dan inovatif.

2.1.2.2 Urgensi Keterampilan Kolaborasi

Pada era globalisasi dan digitalisasi yang semakin cepat, keterampilan kolaborasi sangat penting karena dapat meningkatkan motivasi belajar, hasil belajar kognitif, dan keberhasilan peserta didik dalam bekerja sama, serta mempersiapkan mereka menghadapi tantangan di dunia nyata (Hendrawan et al., 2024). Pengembangan keterampilan kolaborasi penting agar peserta didik mampu bekerja sama, berinteraksi, dan bertukar informasi dalam membangun pengetahuan, pengembangan pemikiran kritis, serta kemampuan pemecahan masalah (Putra Herdiansyah et al., 2025).

Keterampilan kolaborasi juga penting dalam dunia pendidikan dan kerja, karena meningkatkan efektivitas kerja tim, keterampilan menyelesaikan masalah bersama, serta komunikasi yang lebih baik (Junaidi et al., 2025). Keterampilan ini juga membantu peserta didik lebih mudah memahami konsep dan membangun pengetahuan (Rofiudin et al., 2024). Oleh karena itu, urgensi keterampilan kolaborasi tidak bisa diabaikan, peserta didik dapat meningkatkan kemampuan sosial, membangun rasa tanggung jawab, menyelesaikan masalah bersama, serta menghadapi tantangan kehidupan bekerja dan bermasyarakat di masa depan.

2.1.2.3 Cara Pemberdayaan Keterampilan Kolaborasi

Pemberdayaan keterampilan kolaborasi bisa dimulai dengan merancang tugas belajar yang menuntut kerja sama antar peserta didik, seperti proyek kelompok, eksperimen laboratorium, atau diskusi berbasis masalah (Agustini & Irvani, 2023). Penggunaan Lembar Kerja Siswa (LKS) berbasis saintifik dirancang sebagai panduan aktivitas agar peserta didik aktif bekerja sama, bertukar pikiran, dan saling membantu dalam tim (Nurwahidah et al., 2021). Tugas yang terstruktur dengan baik membuat peserta didik belajar berkomunikasi, berdiskusi, serta saling membantu agar tujuan kelompok (Wulandari et al., 2021). Pembentukan kelompok heterogen menjadi salah satu cara efektif dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi (Virliana & Fauziah, 2025). Proses ini membantu peserta didik belajar menerima perbedaan dan menghargai kontribusi setiap orang sehingga mengembangkan kemampuan sosial dan empati.

Selain itu, upaya pemberdayaan dapat dilakukan melalui penerapan model pembelajaran inovatif sehingga kualitas pembelajaran biologi semakin optimal (Firman et al., 2023). Implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) mampu meningkatkan keterampilan kolaborasi peserta didik (Hapsari, Sumarno, et al., 2023). Sejalan dengan inovasi teknologi, pemanfaatan kecerdasan buatan (*AI*) seperti *Gemini AI* sangat penting untuk memberdayakan keterampilan abad ke-21 (Mulianingsih et al., 2020).

Gemini AI merupakan sistem *AI* multimodal yang dikembangkan *Google*, mampu memproses teks, gambar, dan audio untuk meningkatkan proses pembelajaran melalui akses informasi cepat, dan berfungsi sebagai katalisator

dalam peningkatan analisis, evaluasi, penyusunan argumen, pengalaman belajar multimodal yang interaktif, keterampilan berpikir kritis, dan dukungan kolaborasi (Septiana et al., 2025; Afifah Binti Ahmad & Irwan Padli Nasution, 2025). Oleh karena itu, *Gemini AI* tidak hanya memperkaya sumber belajar tetapi menjadi alat yang menumbuhkan sinergi tim, komunikasi, pembagian tugas yang efisien.

2.1.2.4 Indikator Keterampilan Kolaborasi

Keterampilan kolaborasi mencakup keterampilan yang diperlukan oleh individu untuk bekerja dalam sebuah tim. Tidak hanya berkaitan dengan menyelesaikan pekerjaan secara kolektif, tetapi juga mengenai bagaimana tiap individu dapat memberikan kontribusi kepada tim. Untuk menilai seberapa baik keterampilan ini berkembang pada peserta didik, biasanya digunakan berbagai indikator yang dijadikan sebagai patokan. Penelitian ini menggunakan indikator keterampilan kolaborasi menurut Greenstein (2012). Untuk lebih jelasnya mengenai indikator keterampilan kolaborasi dapat dilihat pada Tabel 2. 2 berikut.

Tabel 2. 2 Indikator Keterampilan Kolaborasi

No	Indikator	Kriteria
1	Berkontribusi secara aktif	Aktif memberikan sumbangan saran, ide, dan solusi di kelompok
		Aktif memberikan sumbangan biaya apabila dibutuhkan
2	Bekerja sama secara produktif	Disiplin terhadap waktu dalam mengerjakan tugas
		Mengerjakan tugas kelompok dengan baik
3	Menunjukkan fleksibilitas dan kompromi	Menerima kesepakatan bersama
		Toleransi pada setiap perbedaan pendapat
		Merundingkan, mendiskusikan dan merumuskan kesepakatan bersama
4	Mengelola proyek dengan baik	Membuat desain rencana proyek
		Membagi tugas dengan anggota kelompok
		Menentukan pengerjaan proyek
		Menggunakan waktu seefisien mungkin
5	Menunjukkan sikap menghargai	Bersikap sopan pada teman
		Menghargai pendapat teman
		Menerima saran dari teman
6	Menunjukkan tanggung jawab	Konsisten dalam menghadiri pertemuan kelompok
		Mengikuti instruksi pengerjaan tugas
		Tidak menyerahkan tugas pada orang lain

Sumber: (Greenstein, 2012)

Tabel indikator keterampilan kolaborasi di atas menunjukkan bahwa peserta didik diharapkan dapat menguasai keterampilan kolaborasi sesuai dengan indikator yang disajikan.

2.1.2.5 Cara Pengukuran Keterampilan Kolaborasi

Pengukuran keterampilan kolaborasi dalam dunia pendidikan dilakukan dengan berbagai cara yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana seseorang mampu bekerja sama dengan baik dalam sebuah kelompok. Selain itu, metode penilaian diri dan penilaian oleh teman sebaya juga sering digunakan untuk mengukur keterampilan kolaborasi (Arifah & Nuswowati, 2024). Penelitian ini menggunakan *skala likert* dengan rentang nilai dari 1 hingga 4 agar responden lebih mudah dalam memilih tingkat kesetujuan mereka terhadap setiap pernyataan. Skala ini efektif untuk mengukur tingkat keterampilan kolaborasi peserta didik secara kuantitatif dan memberikan data yang bisa dianalisis secara mendalam untuk menggambarkan secara menyeluruh kemampuan bekerja sama dalam konteks pembelajaran.

2.1.3 Model *Problem Based Learning* berbantuan *Gemini AI*

2.1.3.1 Model *Problem Based Learning* (PBL)

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) adalah model pembelajaran dimana peserta didik ditempatkan dalam situasi masalah nyata (autentik) sebagai titik awal proses pembelajaran. Menurut Ersoy & Baser (2014) menjelaskan bahwa model PBL merupakan pendekatan pengajaran aktif dimana keaktifan peserta didik diharapkan menyadari tanggung jawab dan berperan aktif dalam proses pembelajaran. Menurut teori konstruktivisme PBL berfokus pada proses membangun pengetahuan peserta didik melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungan serta orang lain. Peserta didik belajar secara aktif dengan memecahkan masalah nyata sehingga memperkuat penerapan prinsip-prinsip konstruktivisme (Vygotsky, 1978; Piaget, 1973).

Model *Problem Based Learning* melibatkan peserta didik untuk memecahkan masalah melalui tahap-tahap metode ilmiah sehingga peserta didik

dapat mempelajari pengetahuan yang berhubungan dengan masalah tersebut (Hasanah et al., 2021). Peran peserta didik bertransformasi dari reseptor pasif menjadi partisipan aktif dalam konstruksi pengetahuan (Ismail et al., 2024). Menurut Arends (2014) menyebutkan bahwa *Problem Based Learning* merupakan model pembelajaran dimana peserta didik dihadapkan pada masalah autentik sehingga diharapkan mereka dapat menyusun pengetahuannya sendiri, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, bekerja sama, mandiri, dan meningkatkan kepercayaan diri.

Berdasarkan uraian di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa Problem Based Learning merupakan model pembelajaran yang menyajikan permasalahan di kehidupan nyata. Peserta didik akan bekerja sama dengan kelompoknya untuk menyelesaikan permasalahan sehingga mendapatkan strategi penyelesaian masalah yang efektif. PBL membantu peserta didik menjadi lebih mampu berpikir kritis, bekerja sama, dan mandiri. Oleh karena itu, dengan menggunakan langkah-langkah terstruktur yang dipandu oleh guru, model ini menekankan keaktifan peserta didik dalam merumuskan, menganalisis, dan menemukan solusi masalah.

2.1.3.2 Karakteristik *Problem Based Learning* (PBL)

Menurut Arends (2014) menjelaskan bahwa karakteristik dari model pembelajaran berbasis masalah adalah sebagai berikut.

- a. Masalah yang diajukan berupa permasalahan pada kehidupan dunia nyata sehingga peserta didik dapat membuat pertanyaan terkait masalah dan menemukan berbagai solusi dalam menyelesaikan permasalahan.
- b. Pembelajaran memiliki keterkaitan antardisiplin sehingga peserta didik dapat menyelesaikan permasalahan dari berbagai sudut pandang mata pelajaran.
- c. Pembelajaran yang dilakukan peserta didik bersifat penyelidikan autentik dan sesuai dengan metode ilmiah.
- d. Produk yang dihasilkan dapat berupa karya nyata atau peragaan dari masalah yang dipecahkan untuk dipublikasikan oleh peserta didik.
- e. Peserta didik bekerjasama dan saling memberi motivasi terkait masalah yang dipecahkan sehingga dapat mengembangkan keterampilan sosial peserta didik.

2.1.3.3 Sintaks Model *Problem Based Learning* (PBL)

Menurut Arends (2014), terdapat langkah-langkah pembelajaran dalam model *Problem Based Learning*. Untuk lebih jelasnya mengenai sintaks model *Problem Based Learning* dapat dilihat pada Tabel 2. 3 berikut.

Tabel 2. 3 Sintaks Model *Problem Based Learning*

No	Sintaks	Kegiatan Guru
1	Orientasi masalah kepada peserta didik	Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, alat dan bahan yang diperlukan untuk menunjang pembelajaran, memperkenalkan masalah nyata, dan memotivasi peserta didik untuk terlibat aktif dalam penyelesaian masalah
2	Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar.	Guru membantu mendefinisikan masalah dan mengorganisasikan peserta didik agar pembelajaran relevan dengan pemecahan masalah.
3	Membimbing penyelidikan individu dan kelompok.	Guru akan membimbing dan mengarahkan peserta didik dalam mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan permasalahan. Kemudian membantu kelompok yang mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah.
4	Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru membantu peserta didik dalam merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai dengan permasalahan seperti laporan.
5	Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru akan membantu peserta didik untuk melakukan refleksi, evaluasi, dan hasil penyelidikan.

Sumber: Arends (2014)

Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini menerapkan model *Problem Based Learning* dengan mengikuti beberapa langkah. Pertama, setiap kelompok berdiskusi mengenai kasus. Kedua, peserta didik diorganisasikan untuk belajar secara kolaboratif. Ketiga, proses pembelajaran difasilitasi dengan membimbing investigasi baik secara individu maupun kelompok. Keempat, peserta didik mempresentasikan hasil diskusi atau karya mereka. Terakhir, proses pemecahan masalah dievaluasi untuk menilai efektivitas solusi yang dikembangkan.

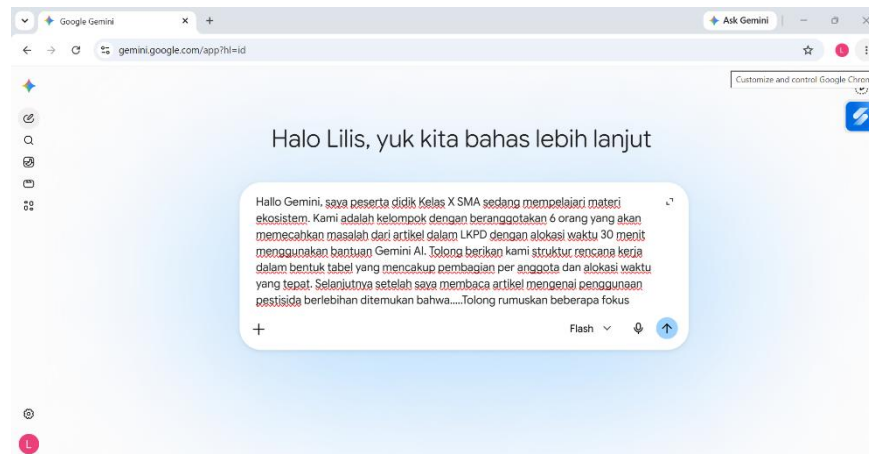
2.1.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Model *Problem Based Learning* (PBL)

Setiap model pembelajaran pasti memiliki kelebihan dan kekurangan, begitupun dengan model *Problem Based Learning* yang memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Sulastry et al. (2023) mengemukakan bahwa kelebihan model

Problem Based Learning diantaranya peserta didik terbiasa dalam menghadapi dan tertantang untuk menyelesaikan masalah tidak hanya terkait dengan pembelajaran di kelas tetapi juga menghadapi masalah yang ada dalam kehidupan sehari-hari, memupuk solidaritas sosial peserta didik dengan terbiasa dalam melakukan kegiatan diskusi kelas, dan membiasakan peserta didik melakukan eksperimen untuk memecahkan masalah.

Selain memiliki kelebihan, tentunya penggunaan model pembelajaran *Problem Based Learning* memiliki kekurangan. Menurut (Irawati, 2020) mengemukakan bahwa kekurangan model *Problem Based Learning* diantaranya peserta didik dan pengajar kurang terbiasa dengan model ini, membutuhkan waktu yang cukup banyak dalam pengimplementasiannya, peserta didik tidak tahu apa yang penting bagi mereka untuk belajar, dan guru sulit menjadi fasilitator yang baik. Oleh karena itu, adanya bantuan Gemini AI diharapkan dapat mengatasi permasalahan tersebut.

2.1.3.5 Gemini AI



Gambar 2. 1 Tampilan Media Gemini AI

Sumber: Dokumentasi Peneliti

Gemini AI merupakan sistem *AI* multimodal canggih yang dikembangkan oleh *Google*, dirancang untuk memproses teks, gambar, dan audio untuk meningkatkan proses pembelajaran melalui akses informasi cepat (Septiana et al., 2025). *Gemini AI* sebagai *Large Language Model (LLM)* paling besar, maju dan canggih dari *Google*, *Gemini* bersifat multimodal, sehingga mampu menangani berbagai jenis informasi, termasuk suara, kode, teks, dan gambar Afiqah Binti

Ahmad & Irwan Padli Nasution, 2025). Saat ini, *Gemini AI* tersedia secara gratis sebagai chatbot canggih, menggunakan format percakapan sehingga peserta didik bisa mengajukan dan memperoleh jawaban dalam waktu yang singkat

Penggunaan *Gemini AI* memberikan kontribusi dalam mendukung kolaborasi, inovasi, dan penerapan teknologi di masa depan. Platform ini bermanfaat bagi peneliti, pendidik, dan pembuat konten digital (Afiah Binti Ahmad & Irwan Padli Nasution, 2025). Platform ini sangat fleksibel sehingga dapat dioperasikan di berbagai perangkat (Sahla Nasution et al., 2025). *Gemini AI* mampu berperan sebagai katalisator dalam peningkatan analisis, evaluasi, penyusunan argumen peserta didik, pengalaman belajar multimodal yang interaktif, pengembangan keterampilan berpikir kritis, dan dukungan kolaborasi sekaligus memperkuat motivasi belajar dan menyediakan pengalaman belajar multimodal yang adaptif dan interaktif (Septiana et al., 2025).

Berdasarkan uraian di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa *Gemini AI* merupakan platform kecerdasan buatan serbaguna yang mampu memproses dan memahami berbagai jenis data seperti teks, gambar, audio untuk meningkatkan proses pembelajaran melalui akses informasi cepat. *Gemini AI* berperan sebagai katalisator yang mendukung kolaborasi, inovasi, dan peningkatan kualitas pembelajaran, terutama melalui pengalaman belajar multimodal yang adaptif, penguatan keterampilan berpikir kritis, serta akses informasi yang cepat dan efisien di berbagai perangkat.

2.1.3.6 Fungsi *Gemini AI*

Gemini AI berfungsi untuk membantu menemukan berbagai solusi serta mendukung inovasi pembelajaran masa depan melalui *AI* generatif dan penerapannya dalam pendidikan, kesehatan, manajemen, perubahan iklim, dan lainnya. Dalam konteks pendidikan, *Gemini AI* berfungsi sebagai asisten belajar interaktif yang dapat membantu peserta didik membedah teks, menemukan pola informasi (Imran & Almusharraf, 2024).

Selain itu, *Gemini AI* juga berfungsi untuk menjawab pertanyaan secara faktual, informatif, relevan, dan akses informasi yang luas. *Gemini AI* berfungsi sebagai katalisator dalam peningkatan analisis, evaluasi, penyusunan argumen, dan

pengalaman belajar multimodal yang interaktif (Septiana et al., 2025). Selain itu, *Gemini AI* terbukti memperkuat motivasi belajar, mendorong antusiasme peserta didik untuk mengeksplorasi informasi lebih jauh, pengembangan keterampilan berpikir kritis, dan dukungan kolaborasi. *Gemini AI* sebagai mitra pembelajaran yang menciptakan lingkungan belajar yang lebih dinamis dan responsif.

2.1.3.7 Cara Pakai *Gemini AI* di *handphone*

Penggunaan *Gemini AI* dalam pembelajaran dimulai dengan langkah teknis dimana peserta didik mengakses laman <https://gemini.google.com/app?hl=id> melalui browser *handphone* dan melakukan *sign up* menggunakan akun google. *Gemini AI* berperan sebagai alat pendukung dalam model *Problem Based Learning*. Peserta didik menggunakan *Gemini AI* dengan cara memasukkan pertanyaan terkait permasalahan ekosistem untuk mendapatkan data awal. Selanjutnya peserta didik melakukan analisis dan evaluasi terhadap informasi yang diberikan oleh *Gemini AI* sehingga terjadi proses klarifikasi mendalam (*advanced clarification*) sebelum informasi tersebut digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam diskusi kelompok. Peserta didik saling berbagi informasi yang mereka peroleh dari *Gemini AI* dan bekerja sama membuat jawaban menjadi solusi kelompok. Oleh karena itu, *Gemini AI* sebagai katalisator yang memperkuat interaksi antar peserta didik dan menstimulus keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik dalam memecahkan masalah.

2.1.3.8 Kelebihan dan Kekurangan *Gemini AI*

Gemini AI pasti memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Afifah Binti Ahmad & Irwan Padli Nasution (2025) mengemukakan bahwa kelebihan *Gemini AI* diantaranya memberikan akses informasi secara cepat, responnya cepat dalam memberikan jawaban, pengembangan keterampilan berpikir kritis, dukungan kolaborasi, efektivitas proses pembelajaran, memperkuat motivasi belajar, dan pengalaman belajar multimodal yang interaktif sehingga peserta didik dapat menghadapi tantangan dunia pendidikan di era digital.

Selain memiliki kelebihan, pemanfaatan *Gemini AI* juga memiliki beberapa kekurangan. Menurut Sahla Nasution et al. (2025) mengemukakan bahwa kekurangan *Gemini AI* diantaranya peserta didik sekadar *copy-paste* jawaban instan

tanpa mengkritisi informasi atau berdiskusi, memiliki pemahaman terbatas, akurasi jawaban tidak selalu tepat, menurunkan kreativitas, memerlukan jaringan internet stabil, serta menyebabkan ketergantungan apabila tidak dikendalikan dengan baik. Oleh karena itu, peran guru dalam mengendalikan penggunaannya melalui perancangan kegiatan pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning*, dimana peserta didik dihadapkan pada permasalahan kontekstual yang menuntut proses analisis, diskusi, refleksi, dan pemecahan masalah, sehingga peserta didik tetap terlibat aktif dalam proses kognitif dan tidak sekadar menyalin jawaban yang dihasilkan oleh *Gemini AI*.

Gemini AI membantu menciptakan proses pembelajaran dimana peserta didik tidak dapat sekadar menyalin informasi, karena mereka dituntut untuk memvalidasi dan membandingkan berbagai sudut pandang yang diberikan oleh *Gemini AI* melalui diskusi kelompok. Hal ini secara efektif dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi karena peserta didik harus saling berbagi temuan dan mendiskusikan solusi secara kreatif. Dengan demikian, model *Problem Based Learning* berbantuan *Gemini AI* memperkuat keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam proses analisis, diskusi, refleksi, dan pemecahan masalah.

2.1.4 Materi Ekosistem

2.1.4.1 Pengertian Ekosistem

Ekosistem adalah komunitas organisme di suatu wilayah beserta faktor abiotik yang berinteraksi dengan organisme tersebut (Campbell et al., 2010). Sedangkan menurut Odum & Barrett (2005) ekosistem merupakan unit fungsional dasar dalam ekologi karena mencakup komponen biotik (organisme) dan abiotik (lingkungan fisik dan kimia) yang memengaruhi dan menjaga keberlangsungan kehidupan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ekosistem merupakan unit fungsional dasar dalam ekologi yang terdiri dari komponen biotik dan abiotik. Kedua komponen ini saling berinteraksi secara berkelanjutan untuk menjaga keberlangsungan kehidupan.

2.1.4.2 Komponen Ekosistem

Suatu ekosistem terdiri dari sejumlah komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi dan tiap komponen memiliki peranannya. Berikut akan dijelaskan masing-masing komponen biotik dan abiotik pada ekosistem.

1) Komponen Biotik

Biotik berasal dari kata “bio” artinya “hidup” atau “kehidupan”. Komponen biotik ekosistem meliputi semua makhluk hidup yang berada pada suatu daerah. Di dalam ekosistem, setiap organisme mempunyai peranan atau fungsi tertentu. Fungsi makhluk hidup dalam suatu ekosistem disebut nisia atau relung. Berdasarkan nisianya, organisme dalam suatu ekosistem dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu produsen, konsumen, dekomposer (Asril et al., 2022).

a. Produsen, yaitu organisme yang dapat menyusun senyawa organik atau membuat zat makanan sendiri melalui proses fotosintesis.

b. Konsumen, yaitu organisme yang tidak mampu membuat zat makanan sendiri. Konsumen dibagi menjadi empat diantaranya sebagai berikut.

1. Herbivora, yaitu konsumen yang makanannya berupa tumbuhan.
2. Karnivora, yaitu konsumen yang makanannya berupa hewan lain.
3. Omnivora, yaitu konsumen yang makanannya berupa hewan dan tumbuhan.
4. Parasit, yaitu konsumen yang hidup dalam jaringan organisme lain dan merugikan.

c. Dekomposer (pengurai), yaitu yang bertugas menghancurkan organisme lain enzim.

2) Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan komponen non-hayati yang ada dalam suatu ekosistem berupa faktor fisik maupun kimia yang terdapat pada suatu ekosistem sebagai substrat untuk berlangsungnya kehidupan (Maknun, 2017). Komponen abiotik ini meliputi tanah, air, udara, cahaya matahari, garam mineral, suhu, derajat keasaman, dan iklim (Campbell et al., 2010).

a. Faktor fisik

1) Tanah, merupakan hasil dari proses pelapukan batuan dan pembentukan mineral yang mengandung bahan mineral, organik, air, dan udara. Tumbuhan menyerap air

dan mineral dari tanah, sementara manusia memanfaatkannya untuk pertanian, peternakan, industri, dan transportasi.

2) Air, merupakan zat yang mengandung berbagai unsur dan senyawa kimia dalam beragam kadar, seperti natrium, kalsium, amonium, nitrit, nitrat, dan fosfat. Sebagian besar tubuh makhluk hidup terdiri atas air, dan setiap organisme membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya. Namun, kebutuhan air pada setiap organisme berbeda-beda dan ketersediaan air di suatu wilayah pun bervariasi.

3) Udara, merupakan komponen abiotik yang terdiri atas berbagai gas seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen serta uap air. Udara ini memberikan oksigen untuk respirasi makhluk hidup serta berperan dalam sirkulasi nutrisi dan energi dalam ekosistem.

4) Cahaya matahari, merupakan komponen yang berperan sebagai sumber energi utama bagi makhluk hidup. Energi ini digunakan tumbuhan untuk fotosintesis, lalu mengalir melalui berbagai tingkat trofik sebagai energi potensial dan kinetik bagi organisme lain.

5) Suhu, merupakan derajat energi panas yang utamanya berasal dari radiasi sinar matahari dan bervariasi tergantung letak geografis serta ketinggian. Suhu memengaruhi keanekaragaman hayati dan merupakan faktor pembatas bagi kehidupan, di mana makhluk hidup umumnya bertahan pada rentang suhu 0-40°C.

6) Iklim, merupakan kondisi cuaca dominan yang berlangsung lama pada suatu wilayah tertentu. Faktor iklim seperti suhu dan ketersediaan air sangat memengaruhi pola persebaran organisme di daratan.

b. Faktor kimia

1) Derajat Keasaman (pH), merupakan tingkat keasaman atau kebasaan yang memengaruhi pertumbuhan optimal tumbuhan, idealnya antara 5,8-7,2. Nilai pH tanah dipengaruhi oleh faktor seperti curah hujan, penggunaan pupuk, aktivitas akar, dan penguraian mineral.

2) Garam mineral, merupakan nutrisi yang diserap tumbuhan dari tanah untuk mendukung pertumbuhannya. Hewan dan manusia memerlukan garam mineral untuk keseimbangan asam-basa, fungsi organ, dan proses metabolisme.

2.1.4.3 Interaksi Antar Ekosistem

Ekosistem terdiri dari komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi, terdapat hubungan timbal balik antara kedua komponen ini termasuk interaksi antar makhluk hidup di dalam ekosistem. Interaksi antar spesies dalam ekosistem meliputi simbiosis, kompetisi, dan predasi. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bentuk interaksi tersebut.

1) Simbiosis, yaitu interaksi antara dua jenis makhluk hidup yang hidup berdampingan (Puspaningsih et al., 2021). Simbiosis ini terdiri atas simbiosis mutualisme, komensalisme, parasitisme, dan amensalisme.

a. Simbiosis Mutualisme, yaitu interaksi dua spesies berbeda hidup bersama dan sama-sama saling menguntungkan. Contohnya ikan badut dengan anemon, dimana ikan badut mendapat keuntungan dengan berlindung dari predator di antara tentakel anemon laut yang beracun bagi sebagian besar ikan lainnya. Anemon laut juga diuntungkan karena ikan badut membersihkan tentakelnya dari sisa makanan, mengusir parasit, dan menarik ikan lain yang berpotensi menjadi mangsa bagi anemon. Untuk lebih jelasnya mengenai simbiosis mutualisme antara ikan badut dengan anemone laut dapat dilihat pada Gambar 2. 2 berikut.



Gambar 2. 2 Simbiosis Mutualisme antara Ikan Badut dengan Anemon Laut

Sumber: Litsios et al. (2012)

b. Simbiosis Komensalisme, yaitu interaksi dua spesies berbeda hidup bersama, satu spesies diuntungkan namun spesies yang lainnya tidak diuntungkan dan tidak dirugikan. Contohnya tumbuhan paku yang menempel pada pohon inang. Pohon inang ini tidak mengalami kerugian maupun keuntungan dari keberadaan tumbuhan

paku. Sementara itu, tumbuhan paku memperoleh lokasi yang baik untuk hidup, memungkinkan akses yang cukup terhadap sinar matahari dan kelembapan dari udara. Untuk lebih jelasnya mengenai simbiosis komensalisme antara pohon inang dengan tumbuhan paku dapat dilihat pada Gambar 2. 3 berikut.



Gambar 2. 3 Simbiosis Komensalisme antara Pohon Inang dengan Tumbuhan Paku

Sumber: Sutowijoyo et al., (2020)

c. Simbiosis Parasitisme, yaitu interaksi dua spesies berbeda hidup bersama, satu spesies diuntungkan namun spesies lain dirugikan. Contohnya yaitu larva tawon dengan ulat. Larva tawon *Costesia congregata* mendapatkan keuntungan dengan memakan tubuh ulat *Manduca sexta* dari dalam yang menyediakan nutrisi untuk perkembangan larva. Namun, ulat dirugikan karena akhirnya akan mati akibat aktivitas larva tawon di dalam tubuhnya. Untuk lebih jelasnya mengenai simbiosis parasitisme dapat dilihat pada Gambar 2. 4 berikut



Gambar 2. 4 Simbiosis Parasitisme antara Larva Tawon dengan Ulat

Sumber: Crockett et al. (2021)

d. Simbiosis Amensalisme, yaitu dua spesies berbeda hidup bersama, satu spesies dirugikan dan satu spesies lain tidak diuntungkan dan tidak dirugikan. Amensalisme umumnya terjadi akibat fenomena alelopati. Alelopati Adalah fenomena di mana suatu organisme mengeluarkan zat kimia yang berdampak pada pertumbuhan, kelangsungan hidup, atau reproduksi organisme lain di sekitarnya. Zat kimia ini dikenal sebagai alelokimia, yang merupakan senyawa yang tidak diperlukan dalam metabolisme organisme yang menghasilkannya. Contohnya pohon kenari hitam mengeluarkan racun juglone, sebuah senyawa alelopatik yang menghambat pertumbuhan tanaman lain di sekitarnya. Juglone dilepaskan melalui akar, daun yang gugur, atau buah yang terdekomposisi, dan bekerja dengan mengganggu proses fisiologis seperti fotosintesis dan respirasi pada tanaman (Scott, 2019). Untuk lebih jelasnya mengenai simbiosis parasitisme dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 5 Simbiosis Amensalisme antara Pohon Kenari Hitam yang menghasilkan Racun Juglone dengan Tanaman disekitarnya
Sumber: Scott (2019)

2) Kompetisi

Kompetisi adalah dua spesies yang hidup berdampingan saling bersaing untuk mendapat makanan yang sama meskipun tersedia dalam jumlah yang terbatas. Hubungan ini terjadi akibat adanya ketidakseimbangan dalam ekosistem. Kompetisi terbagi ke dalam 2 jenis diantaranya sebagai berikut.

a. Kompetisi intraspesies, yaitu kompetisi yang terjadi di antara individu-individu dalam satu spesies karena kesamaan kebutuhan akan sumber daya. Contohnya yaitu

persaingan antar beruang coklat (*Ursus arctos*) dalam satu kelompok untuk mendapatkan wilayah kekuasaan atau hak kawin dengan betina untuk mempertahankan keberlangsungan hidupnya. Untuk lebih jelasnya mengenai kompetisi intraspesies antar beruang coklat (*Ursus arctos*) dapat dilihat pada Gambar 2. 6 berikut.



Gambar 2. 6 Kompetisi Intraspesies antar Beruang Cokelat

Sumber: Haniah (2022)

b. Kompetisi interspesies, yaitu kompetisi yang terjadi antara spesies yang berbeda saling bersaing memperebutkan sumber daya (Campbell et al., 2010). Contohnya yaitu persaingan antara kambing dan sapi di padang rumput yang sama untuk mendapatkan makanan. Untuk lebih jelasnya mengenai kompetisi interspesies antara kambing dan sapi dapat dilihat pada Gambar 2. 7 berikut.



Gambar 2. 7 Kompetisi Interspesies antara Kambing dan Sapi

Sumber: Uyo Yahya., (2023)

3) Predasi

Predasi adalah interaksi antarspesies dimana satu spesies berperan sebagai pemangsa atau predator lalu spesies lainnya berfungsi sebagai mangsa (Campbell et al., 2010). Hubungan predator-mangsa seperti di antara beruang dan ikan dimana beruang berperan sebagai predator dan ikan berperan sebagai mangsa. Untuk lebih jelasnya mengenai predasi dapat dilihat pada Gambar 2. 8 berikut.



Gambar 2. 8 Predasi antara Beruang dan Ikan

Sumber: Faradiba (2022)

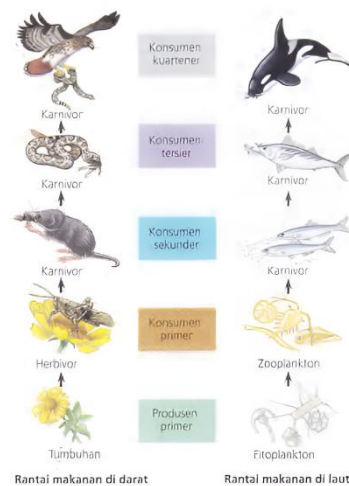
2.1.4.4 Aliran Energi

Aliran energi dalam ekosistem merupakan konsep kunci dalam ekologi yang menggambarkan perpindahan dan transformasi energi melalui rantai makanan dan jaring makanan. Proses ini menjadi awal dari siklus kehidupan, memastikan bahwa energi yang diperlukan oleh setiap organisme dalam ekosistem tersedia dan dapat dimanfaatkan (Suhri et al., 2024). Adapun bentuk dari aliran energi diantaranya sebagai berikut.

1) Rantai makanan

Rantai makanan merupakan perpindahan energi dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya melalui proses makan dan dimakan. Rantai makanan dikatakan juga sebagai transfer energi ke atas tingkat trofik dimulai dari tumbuhan dan organisme autotrof lain (produsen primer) melalui herbivora (konsumen primer) ke karnivora (konsumen sekunder, tersier dan kuartier) lalu akhirnya ke dekomposer (Campbell et al., 2010). Menurut Campbell et al. (2010) terdapat dua jenis rantai makanan diantaranya sebagai berikut.

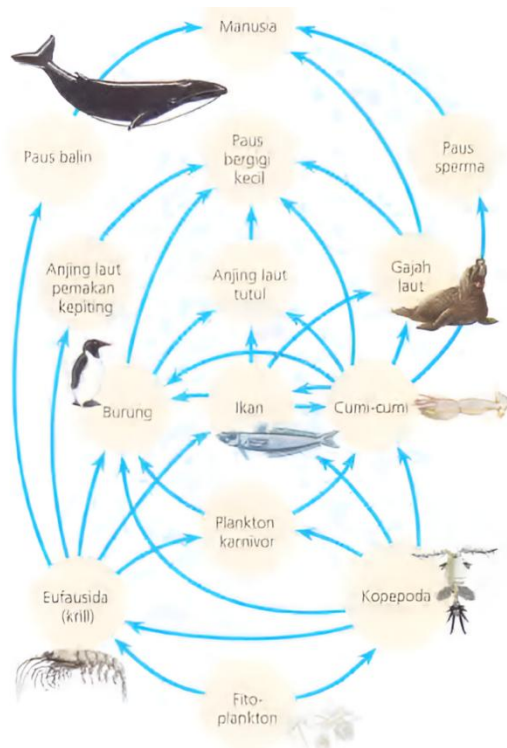
- a. Rantai makanan di darat, rantai makanan ini dimulai dari produsen (tumbuhan hijau) menghasilkan energi melalui fotosintesis. Kemudian Energi ini diteruskan ke konsumen primer (herbivora seperti belalang) yang memakan tumbuhan. Selanjutnya, energi berpindah ke konsumen sekunder (karnivora kecil seperti tikus) yang memangsa konsumen primer. Konsumen tersier (seperti ular) memangsa konsumen sekunder, dan di puncak rantai, konsumen kuartier (burung elang) yang merupakan pemangsa puncak memangsa ular.
- b. Rantai makanan di laut, rantai makanan ini dimulai dari produsen (fitoplankton) yang menghasilkan energi melalui fotosintesis. Kemudian energi ini diteruskan ke konsumen primer (zooplankton) yang memakan fitoplankton. Selanjutnya, konsumen sekunder (ikan kecil) memangsa zooplankton, dan energi berpindah ke konsumen tersier (ikan besar) yang memakan ikan kecil. Di puncak rantai makanan terdapat konsumen kuartier (lumba-lumba), sebagai pemangsa puncak. Rantai makanan ini menggambarkan aliran energi yang dimulai dari produsen kecil hingga organisme pemangsa terbesar di ekosistem laut. Untuk lebih jelasnya mengenai rantai makanan dapat dilihat pada Gambar 2. 9 berikut.



Gambar 2. 9 Rantai Makanan
Sumber: Campbell et al. (2010)

2) Jaring-jaring Makanan

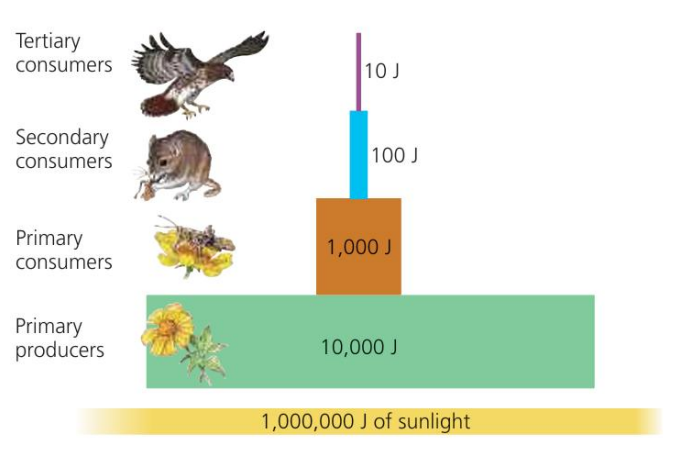
Jaring-jaring makanan merupakan kumpulan berbagai rantai makanan yang saling terhubung dengan pola hubungan yang kompleks. Di dalam ekosistem, satu rantai makanan selalu berinteraksi dengan rantai makanan lainnya. Di komunitas pelagik Antarktika, fitoplankton bertindak sebagai produsen primer dan menjadi sumber makanan utama bagi zooplankton seperti eufausida (krill) dan kopepoda. Zooplankton ini dimangsa oleh berbagai karnivora, termasuk plankton pemangsa lainnya, penguin, anjing laut, ikan, dan paus balin. Cumi-cumi, yang memangsa ikan dan zooplankton, berperan sebagai mata rantai penting dalam rantai makanan karena menjadi sumber makanan bagi anjing laut dan paus bergigi. Manusia yang dulunya memburu paus sebagai sumber makanan, bertindak sebagai predator puncak dalam jaringan makanan ini. Namun, setelah banyak spesies paus mengalami penurunan populasi akibat perburuan, manusia kini beralih memanfaatkan organisme dari tingkat trofik yang lebih rendah, seperti krill dan ikan, untuk memenuhi kebutuhan pangan (Campbell et al., 2010). Untuk lebih jelasnya mengenai jaring-jaring makanan dapat dilihat pada Gambar 2. 10 berikut.



Gambar 2. 10 Jaring-jaring Makanan
Sumber: Campbell et al. (2010)

2.1.4.5 Piramida Ekologi

Piramida ekologi merupakan representasi grafis sebuah parameter ekologi seperti individu, biomasa, atau energi pada tingkatan trofik dalam rantai makanan. Dasar piramida ekologi berupa produsen, pada ujung atasnya yaitu konsumen tingkat tinggi. Adapun fungsi piramida ekologi yaitu untuk menunjukkan perbandingan antara tingkat trofik satu dengan tingkat trofik lainnya di dalam suatu ekosistem. Hilangnya suatu energi dari suatu rantai makanan dapat digambarkan sebagai diagram produktivitas dimana tingkat trofik ditumpuk seperti balok. Jika 10% energi yang tersedia ditransfer dari produsen primer ke konsumen primer, dan 10% energi itu ditransfer ke konsumen sekunder, maka hanya 1% produksi primer bersih yang tersedia untuk konsumen sekunder. Untuk lebih jelasnya mengenai piramida ekologi dapat dilihat pada Gambar 2. 11 berikut.



Gambar 2. 11 Piramida Ekologi

Sumber: Urry et al. (2021)

2.1.4.6 Siklus Biogeokimia

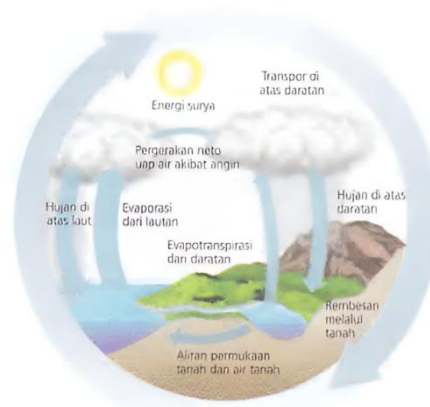
Sebagian besar ekosistem menerima energi yang melimpah dari sumber energi utama bumi, yaitu matahari, namun unsur-unsur kimia yang tersedia di bumi dalam jumlah yang terbatas. Oleh karena itu, kehidupan di bumi bergantung pada daur ulang unsur-unsur kimia esensial. Sebagian besar simpanan zat kimia dari organisme digantikan terus-menerus seiring proses penyerapan nutrisi dari lingkungan dan mengubahnya menjadi senyawa organik yang dapat digunakan oleh tubuh serta pelepasan produk buangan. Pada saat organisme telah mati, atom-atom

dalam molekul-molekul kompleksnya dikembalikan dalam bentuk senyawa yang lebih sederhana ke atmosfer, air, atau tanah melalui peranan dekomposer. Dekomposisi memperbarui tempat nutrisi anorganik yang digunakan oleh autotrof untuk membangun materi organik baru. Siklus nutrisi disebut sebagai siklus biogeokimia karena melibatkan komponen biotik dan abiotik. Terdapat beberapa unsur kimia esensial bagi kehidupan diantaranya air, karbon, nitrogen, dan fosfor (Campbell et al., 2010).

a. Siklus Air

Air sangat berperan penting bagi kehidupan sehari-hari dan memiliki banyak fungsi bagi organisme, seperti menjadi medium untuk mengantarkan mineral ke tanaman autotrof, menjadi bagian dari jaringan hidup sebagai cairan atau komponen molekul organik, mengatur suhu tubuh tanaman dan hewan, melarutkan nutrisi mineral dari sedimen untuk ekosistem, serta mendominasi permukaan bumi dan memainkan peran penting dalam ekosistem perairan (Widodo et al., 2021).

Energi matahari memanaskan permukaan air, seperti lautan, sungai, dan daratan, sehingga menyebabkan proses evaporasi (penguapan air). Selain itu, penguapan terjadi pada daratan melalui proses evapotranspirasi, yaitu kombinasi penguapan dari permukaan tanah dan transpirasi dari tumbuhan. Uap air yang dihasilkan dari kedua proses ini bergerak naik ke atmosfer. Selanjutnya, uap air di atmosfer mengalami pergerakan netto akibat angin yang membawanya dari lautan ke daratan. Uap air ini kemudian mengalami kondensasi dan membentuk awan yang menghasilkan hujan di atas laut dan hujan di atas daratan. Hujan yang jatuh di daratan akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi, membentuk rembesan air tanah. Sebagian air juga mengalir di permukaan sebagai aliran permukaan tanah menuju sungai dan kembali ke laut atau mengalir melalui jalur air tanah. Siklus ini terus berulang, menjaga keseimbangan ketersediaan air di bumi dan memainkan peran penting dalam mendukung kehidupan, iklim, dan ekosistem (Campbell et al., 2010). Untuk lebih jelasnya mengenai siklus air dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut.

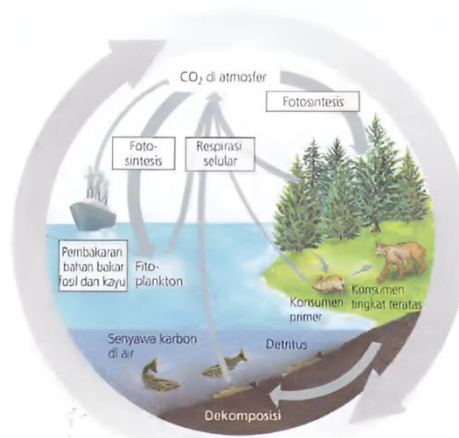


Gambar 2. 12 Siklus Air
Sumber: Campbell et al. (2010)

b. Siklus Karbon

Sebagian besar karbon di atmosfer bumi terdapat dalam bentuk gas karbon dioksida (CO_2). Selain itu, ada gas-gas lain yang mengandung karbon di atmosfer, seperti metana dan klorofluorokarbon (CFC). Gas-gas tersebut merupakan gas rumah kaca yang konsentrasinya di atmosfer meningkat dalam beberapa dekade terakhir, berkontribusi pada pemanasan global (Widodo et al., 2021).

Karbon di atmosfer berbentuk karbon dioksida (CO_2) diserap tumbuhan dan fitoplankton melalui fotosintesis, menghasilkan oksigen dan glukosa. Karbon ini masuk ke rantai makanan melalui konsumen primer dan konsumen tingkat teratas. Karbon dilepaskan kembali ke atmosfer melalui respirasi selular dan dekomposisi organisme mati yang menghasilkan detritus. Di lautan, karbon terlarut menjadi senyawa karbon di air. Aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan kayu juga melepaskan karbon dioksida ke atmosfer. Tempat penyimpanan karbon mencakup bahan bakar fosil, tanah, sedimen dari ekosistem perairan, lautan, biomassa tumbuhan dan hewan, serta atmosfer. Tempat penyimpanan karbon terbesar adalah bebatuan sedimen seperti gamping, akan tetapi, daur karbon pada tempat tersebut sangat lambat (Campbell et al., 2010). Untuk lebih jelasnya mengenai siklus karbon dapat dilihat pada Gambar 2. 13 berikut.

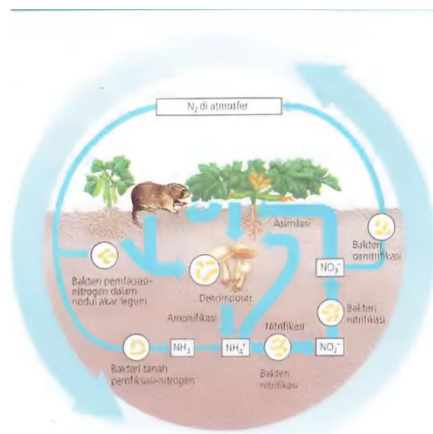


Gambar 2. 13 Siklus Karbon
Sumber: Campbell et al. (2010)

c. Siklus Nitrogen

Siklus nitrogen merupakan proses perubahan senyawa yang mengandung nitrogen menjadi berbagai bentuk kimia lainnya. Meskipun nitrogen sangat melimpah di atmosfer, nitrogen dalam bentuk gas bersifat tidak reaktif. Hanya beberapa organisme tertentu yang dapat mengubahnya menjadi senyawa organik melalui proses yang disebut fiksasi nitrogen (Widodo et al., 2021).

Siklus nitrogen dimulai dengan nitrogen (N_2) di atmosfer yang difiksasi oleh bakteri pemfiksasi nitrogen dalam nodul akar legum dan bakteri tanah pemfiksasi nitrogen, mengubahnya menjadi senyawa amonia (NH_3). Amonia kemudian mengalami amonifikasi oleh dekomposer, menghasilkan ion amonium (NH_4^+). Selanjutnya, bakteri nitrifikasi mengubah amonium menjadi nitrit (NO_2^-) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-). Nitrat ini dapat diserap oleh tanaman melalui proses asimilasi untuk mendukung pertumbuhan. Selain itu, bakteri denitrifikasi mengubah nitrat kembali menjadi nitrogen di atmosfer, melengkapi siklus nitrogen. Siklus ini berperan penting dalam keseimbangan ekosistem, membantu penyediaan nitrogen yang dibutuhkan oleh makhluk hidup (Campbell et al., 2010). Untuk lebih jelasnya mengenai siklus nitrogen dapat dilihat pada Gambar 2. 14 berikut.



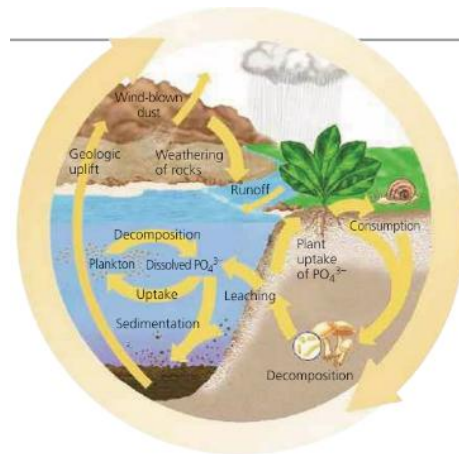
Gambar 2. 14 Siklus Nitrogen
Sumber: Campbell et al. (2010)

d. Siklus Fosfor

Fosfor adalah nutrisi bagi tumbuhan dan hewan yang berbentuk ion fosfat (PO_4^{3-} dan HPO_4^{2-}). Fosfor berperan dalam pembentukan DNA, penyimpanan dan transfer energi dalam sel melalui ATP dan ADP serta membangun lemak yang menjadi bagian dari membran sel. Selain itu, fosfor merupakan komponen utama dalam pembentukan tulang dan gigi pada manusia dan hewan (Widodo et al., 2021).

Siklus ini dimulai dari lapisan bumi terangkat yang mengalami pengikisan bebatuan oleh hujan, sehingga fosfat (PO_4^{3-}) terlarut dalam aliran air permukaan. Fosfat ini kemudian diambil oleh tumbuhan melalui proses pengambilan PO_4^{3-} oleh tumbuhan, dan berpindah ke konsumen melalui rantai makanan. Setelah organisme mati, fosfat dilepaskan kembali ke lingkungan melalui dekomposisi oleh mikroorganisme. Selain itu, di lingkungan perairan, plankton juga mengambil fosfat yang larut dalam air. Fosfat yang tidak digunakan mengalami sedimentasi, membentuk batuan baru yang pada akhirnya akan terangkat kembali melalui proses geologis dalam waktu yang sangat lama. Fosfat di tanah juga dapat mengalami penggelontoran menyebabkan sebagian akan terbawa kembali ke perairan, melanjutkan siklusnya. Siklus ini sangat penting karena fosfor adalah unsur esensial bagi makhluk hidup, terutama dalam pembentukan DNA, RNA, dan ATP. Hanya terdapat sedikit fosfor yang bergerak melalui atmosfer dikarenakan tidak ada gas yang mengandung fosfor signifikan, biasanya hanya dalam bentuk debu dan

percikan air laut (Campbell et al., 2010). Untuk lebih jelasnya mengenai siklus fosfor dapat dilihat pada Gambar 2. 15 berikut.



Gambar 2. 15 Siklus Fosfor
Sumber: Urry et al. (2021)

2.1.4.7 Keseimbangan Ekosistem

Keseimbangan ekosistem (homeostatis) merupakan kemampuan ekosistem untuk mempertahankan sistem dari perubahan. Ekosistem yang seimbang yaitu ketika seluruh komponen ekosistem berada pada porsi yang seharusnya baik jumlah maupun peranannya dalam lingkungan. Terdapat dua faktor yang menyebabkan terganggunya ekosistem yaitu faktor alamiah dan faktor manusia. Faktor alamiah meliputi bencana alam, seperti banjir, gempa bumi, gunung meletus, tsunami. Sedangkan faktor manusia meliputi penebangan pohon liar, pembakaran hutan, perburuan hewan terus menerus, penggunaan pupuk berlebihan, pembuangan limbah dan sampah. Hal tersebut dapat menyebabkan kepunahan suatu spesies atau populasi, kerusakan lingkungan, dan munculnya anomali ekosistem (Sandika, 2021).

Untuk menjaga kestabilan ekosistem darat dan memulihkan lahan yang telanjur rusak seperti kasus penggundulan hutan di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) kita tidak bisa hanya mengandalkan penanaman satu jenis pohon saja. Perlu ada strategi cerdas yang menggabungkan pelestarian alam sekaligus memikirkan pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat sekitar. Di sinilah sistem agroforestri

menjadi solusi pelestarian yang paling masuk akal. Menurut Setiawan et al. (2025) menjelaskan bahwa agroforestri pada dasarnya adalah seni mengelola lahan dengan cara menanam kombinasi antara pohon-pohon hutan tanaman berkayu bersama dengan tanaman pertanian atau perkebunan di satu bidang tanah yang sama.

Jika diterapkan dengan benar, model agroforestri khususnya pola agrosilvikultur akan memberikan efek domino yang luar biasa bagi lingkungan dan ekonomi. Secara biologi dan fisik, rimbunnya daun-daun pohon hutan akan menjadi payung alami yang menahan hantaman air hujan agar tidak langsung merusak struktur tanah. Lapisan humus dan dedaunan kering yang rontok di atas tanah juga akan menjaga pori-pori tanah tetap gembur, sehingga air hujan bisa terserap masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dengan cepat dan erosi pemicu banjir lumpur bisa dicegah. Menariknya, selain alamnya membaik, masyarakat petani juga diuntungkan secara finansial. Lewat keragaman jenis tanaman yang ditanam, petani bisa mendapatkan uang harian atau bulanan dari hasil panen tanaman pertanian, sambil tetap memiliki tabungan jangka panjang dari pohon kayu yang mereka rawat. Strategi berkelanjutan inilah yang membuat ekosistem tetap seimbang tanpa mematikan mata pencaharian warga desa.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *Problem Based Learning* memberikan pengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian yang dilakukan oleh Handayani et al. (2022) menemukan bahwa PBL berbantuan *Zoom Cloud Meeting* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas 10 SMA pada materi Pencemaran Lingkungan. Peningkatan ini terlihat merata pada lima indikator yang diukur, namun peningkatan tertinggi dicapai pada indikator menarik kesimpulan (*Inferring*) dengan nilai 79,84% menunjukkan bahwa PBL efektif melatih peserta didik untuk memahami inti permasalahan dan menyusun solusi dari data yang ditemukan, diikuti oleh peningkatan pada keterampilan dukungan dasar (*Basic Support*) dengan nilai 77,78% dalam memberikan bukti untuk mendukung argumen. Hasil temuan serupa dikemukakan oleh Ardhana et al. (2025) yang menyatakan bahwa integrasi

PBL dengan prinsip *Deep Learning* mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran biologi, khususnya pada materi sistem ekskresi melalui diskusi dan refleksi. Model ini juga mendorong peserta didik terlibat aktif dalam menemukan, menganalisis data, mengevaluasi argumen, diskusi kelompok, membuat keputusan beserta bukti, dan menyelesaikan permasalahan kontekstual dengan solusi yang relevan dengan kehidupan nyata.

Selain itu, *Problem Based Learning* (PBL) berpengaruh positif terhadap pengembangan keterampilan kolaborasi peserta didik. Penerapan PBL dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi, terlihat dari kemajuan peserta didik dalam bekerja sama, menghargai perspektif, dan membagi tugas (Indahsari & Habiddin, 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Afelia et al. (2023) menemukan bahwa penerapan PBL berbasis pembelajaran berdiferensiasi berhasil meningkatkan keterampilan kolaborasi peserta didik kelas 10 SMA. Peningkatan ini terlihat dari persentase dari kategori rendah 58% menjadi kategori sangat tinggi 92%. Kenaikan tersebut dicapai melalui empat aspek keterampilan kolaborasi diantaranya kontribusi peserta didik lebih aktif dalam memberikan gagasan, fleksibilitas peserta didik menerima dan menyesuaikan diri dalam kelompok, manajemen waktu dalam penyelesaian tugas agar tepat pada waktunya serta bertanggung jawab, dan pemecahan masalah dalam membangun ide untuk menghasilkan solusi. Menurut Nurmayasari et al. (2023) menyatakan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi peserta didik kelas 10 SMA Negeri 1 Bangorejo pada materi perubahan lingkungan dari rata-rata 48% menjadi 74%. Peningkatan ini berhasil pada lima aspek diantaranya kontribusi, pemecahan masalah, bekerja dengan orang lain, teknik penyelidikan, dan manajemen waktu.

Pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) bertujuan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memfasilitasi pengalaman belajar bagi peserta didik. Menurut Rheinata Rhamadani Putri Supriadi et al. (2022) hasil penelitiannya menyatakan bahwa teknologi *AI* merupakan inovasi di bidang pendidikan untuk memudahkan pembelajaran, guru menjadi fasilitator yang memberikan arahan dengan kata kunci yang substansial dan mengutamakan pendidikan moral yang harus terjaga dalam pembelajaran. Pemanfaatan *AI* ini

terbukti mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif, dan mendukung keterampilan berpikir kritis (Lawasi et al., 2024) dan penggunaan *AI* dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi melalui peningkatan efisiensi komunikasi, penyederhanaan alur kerja, dan memfasilitasi pembelajaran kolaborasi (Suliyem et al., 2024). *Gemini AI* berpotensi memfasilitasi pembelajaran kolaboratif melalui diskusi, kerja sama, dan umpan balik antar peserta didik (Sukiman et al., 2024). Penelitian oleh Rosi Ramadhani et al. (2025) membuktikan bahwa penggunaan *Gemini AI* dalam tahap perencanaan *Project Based Learning* (PjBL) biologi dapat meningkatkan kreativitas peserta didik kelas 10 SMA Negeri 1 Lubung Alung. *Gemini AI* mendukung pembelajaran peserta didik kelas 10 di SMA Negeri 6 Maros melalui akses informasi cepat serta meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif, dan mendukung keterampilan berpikir kritis (Septiana et al., 2025).

Berdasarkan penelitian-penelitian relevan di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Problem Based Learning* terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik, *Gemini AI* juga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan kreativitas, serta pemanfaatan teknologi *AI* berpotensi mendukung pembelajaran interaktif. Namun, kajian yang secara spesifik meneliti penerapan *Problem Based Learning* berbantuan *Gemini AI* terhadap keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik masih terbatas, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab keterbatasan penelitian sebelumnya dengan melakukan penelitian terkait Pengaruh *Problem Based Learning* berbantuan *Gemini AI* terhadap keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik pada materi ekosistem (Studi Eksperimen di Kelas X SMAN 1 Cihaurbeuti Tahun Ajaran 2025/2026).

2.3 Kerangka Konseptual

Penelitian ini berangkat dari permasalahan rendahnya keterampilan berpikir kritis dan keterampilan kolaborasi dalam pembelajaran Biologi, khususnya pada materi ekosistem. Meskipun telah menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* pada materi ekosistem, kemudian peserta didik memecahkan suatu

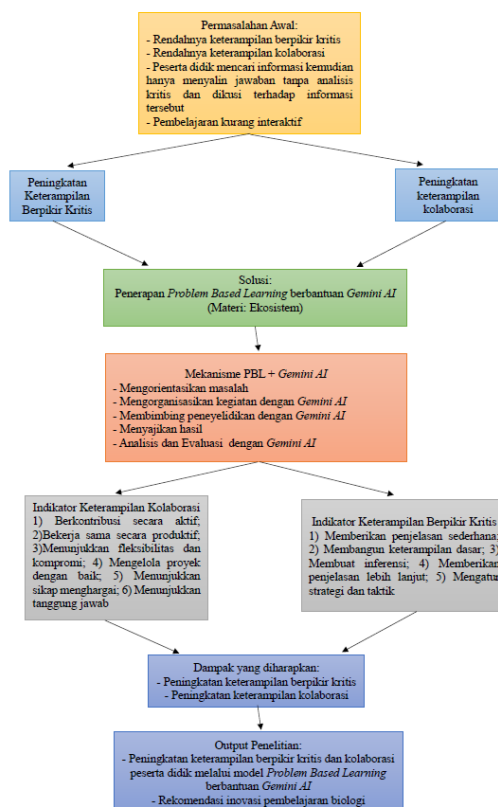
masalah atau mencari ide jawaban menggunakan *AI* sebagai alat bantu belajar ternyata penggunaan *AI* masih cenderung bebas tanpa arahan guru sehingga membuat peserta didik sekadar *copy-paste* jawaban tanpa mengkritisi informasi atau berdiskusi. Kondisi ini berpotensi membuat keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi tidak berkembang secara optimal.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, digunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) yang secara teoretis dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui tahapan mengorientasikan masalah, mengorganisasikan kegiatan, membimbing penyelidikan, menyajikan hasil, analisis dan evaluasi. PBL juga sangat potensial dalam melatih keterampilan kolaborasi peserta didik karena memberi pengalaman langsung dalam kontribusi aktif, interaksi konstruktif, serta tanggung jawab kolektif saat bekerja dalam kelompok.

Agar lebih kontekstual dan menarik bagi peserta didik generasi digital, PBL dalam penelitian ini dipadukan dengan *Gemini AI*. *Problem Based Learning* menuntut peserta didik untuk menjadi lebih aktif dalam mencari, menemukan, menyelidiki, dan menyimpulkan solusi dari suatu permasalahan sehingga dalam model ini guru hanya menjadi fasilitator kegiatan belajar. Model ini menuntut peserta didik untuk mencari dan menemukan materi secara mandiri dimana proses pencarian materi atau informasi peserta didik dibantu oleh *Gemini AI* yaitu pada tahapan mengorganisasikan kegiatan, membimbing penyelidikan, analisis dan evaluasi dengan menggunakan *Gemini AI*. *Gemini AI* diharapkan mampu digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu *search engine* yang berguna untuk mencari suatu informasi dengan mudah, cepat, dan akurat sehingga membantu peserta didik dalam mencari dan menemukan informasi atau materi pembelajaran.

Dengan demikian, pembelajaran biologi pada materi ekosistem yang menggunakan model PBL berbantuan *Gemini AI* diprediksi mampu memberdayakan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan kolaborasi peserta didik di kelas X SMA Negeri 1 Cihaurbeuti Tahun Ajaran 2025/2026. Kerangka konseptual ini menegaskan hubungan antara penggunaan model pembelajaran inovatif dengan peningkatan keterampilan abad 21 yang relevan untuk menghadapi

tantangan pendidikan di era digital. Untuk lebih jelasnya kerangka konseptual dapat dilihat pada Gambar 2. 16 berikut.



Gambar 2. 16 Kerangka Konseptual Penelitian

Sumber: Peneliti

2.4 Hipotesis Penelitian

Agar penelitian dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka dirumuskan hipotesis atau jawaban sementara sebagai berikut:

Ha₁ : Terdapat pengaruh model *Problem Based Learning* berbantuan *Gemini AI* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi Ekosistem di kelas X SMA Negeri 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2025/2026.

Ha₂ : Terdapat pengaruh model *Problem Based Learning* berbantuan *Gemini AI* terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik pada materi Ekosistem di kelas X SMA Negeri 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2025/2026.