

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Literasi Sains

Literasi diartikan sebagai melek atau tidak buta atau dapat melihat. Literasi sains pertama kali diperkenalkan sejak tahun 1958 oleh Paul DeHard Hurd dalam artikel yang berjudul “*Science Literacy: Its Meaning for American Schools*” yang menyebutkan bahwa literasi sains tidak hanya mencakup pengetahuan dasar tetapi mencakup kemampuan dalam penerapan sains dalam memahami serta memahami tantangan yang ada di masyarakat (DeH Hurd, 1958). Literasi sains merupakan konsep yang dinamis serta mencakup pemahaman ilmiah, kemampuan analitis dan kesadaran sosial agar dapat berpartisipasi dalam masyarakat yang didominasi sains dan teknologi (Laugksch, 2000).

Menurut Saraswati *et al.* (2021) literasi sains merupakan kemampuan pengetahuan ilmiah seorang individu dalam mengidentifikasi fenomena, menjelaskan serta menarik kesimpulan terkait isu-isu yang berkaitan dengan sains. Literasi sains akan lebih bermakna jika dihubungkan langsung dengan fenomena di sekitar kita. Literasi sains adalah kemampuan untuk menggunakan pengetahuan ilmiah, mengidentifikasi pertanyaan dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti untuk memahami dan membantu dalam pembuatan serta pengambilan keputusan tentang alam yang mengalami perubahan akibat dari aktivitas manusia (Rahmadani *et al.*, 2022).

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa literasi sains merupakan kemampuan individu dalam memahami pengetahuan ilmiah mengenai fenomena-fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehingga dapat membuat kesimpulan berdasarkan fakta dan bukti serta mengaplikasikannya.

2.1.1.2 Indikator Literasi Sains

Indikator kemampuan literasi sains yang digunakan dalam penelitian ini merupakan indikator- indikator yang dikembangkan oleh Gormally dalam tes

TOLST (*Test of Scientific Literacy Skill*) (Gormally *et al.*, 2012). Adapun indikator literasi sains tertera pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Indikator Kemampuan Literasi Sains

Indikator	Sub Indikator
Memahami metode inkuiiri yang mengarah pada pengetahuan ilmiah	Mengidentifikasi argumen ilmiah yang valid
	Mengevaluasi validitas sumber
	Membedakan antara jenis sumber, mengidentifikasi bias, otoritas dan keandalan
	Memahami elemen-elemen desain penelitian dan bagaimana pengaruhnya terhadap temuan/kesimpulan ilmiah
Mengatur, menganalisis, menafsirkan data kuantitatif dan informasi ilmiah	Membuat representatif dari data
	Membaca dan menafsirkan representasi grafis dari data
	Memecahkan masalah menggunakan keterampilan kuantitatif, termasuk probabilitas dan statistik
	Memahami dan menginterpretasikan statistik dasar
	Melakukan inferensi, prediksi dan penarikan Kesimpulan berdasarkan data kuantitatif

Sumber: Gormally *et al.* (2012)

2.1.2 Literasi Lingkungan

2.1.2.1 Pengertian Literasi Lingkungan

Istilah literasi lingkungan pertama kali muncul dalam sebuah artikel yang ditulis oleh Roth (1968) pada edisi Massachussetts Audubon. Istilah tersebut terus berkembang dan ditinjau secara luas. Literasi lingkungan merupakan kemampuan untuk memahami dan menginterpretasikan kesehatan suatu lingkungan untuk dapat mengambil tindakan yang tepat sehingga dapat memelihara, memulihkan dan meningkatkan kesehatan lingkungan (Roth, 1992). Literasi lingkungan merupakan kemampuan dalam bertindak baik secara individu ataupun bersama untuk mendukung ekologi sehat, sejahtera, dan berkeadilan untuk generasi sekarang dan generasi yang akan datang (Syahmani *et al.*, 2021).

Menurut NAAEE (*North American Association for Environmental Education*) literasi lingkungan terdiri dari pengetahuan dan pemahaman tentang berbagai konsep, masalah serta isu lingkungan, seperangkat kemampuan kognitif dan afektif, seperangkap keterampilan dan kemampuan serta strategi perilaku yang tepat untuk menerapkan pengetahuan dan pemahaman dalam rangka membuat keputusan yang tepat dan efektif dalam berbagai konteks lingkungan (North American Association for Environmental Education, 2011).

Berdasarkan uraian tersebut disimpulkan bahwa literasi lingkungan merupakan kemampuan untuk memahami masalah yang ada di lingkungan diawali dengan mengetahui masalah sampai pada menemukan solusi untuk menangani atau mengatasi masalah tersebut, terutama masalah lingkungan yang ada di sekitar.

2.1.2.2 Indikator Literasi Lingkungan

Menurut Liang *et al.* (2018) terdapat tiga indikator literasi lingkungan yang terdiri dari kognitif, afektif dan behavior. Masing-masing indikator memiliki komponen lainnya. Adapun indikator literasi lingkungan tertera pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Indikator Literasi Lingkungan

Indikator	Komponen
Kognitif	<ul style="list-style-type: none"> - Pengetahuan tentang alam - Pengetahuan isu-isu terkait lingkungan - Pengetahuan strategi Tindakan yang tepat

Indikator	Komponen
Afektif	<ul style="list-style-type: none"> - Kesadaran dan kepekaan terhadap lingkungan - Nilai-nilai lingkungan - Sikap pengambilan Keputusan tentang isu-isu lingkungan
Behavior	<ul style="list-style-type: none"> - Keinginan untuk bertindak - Strategi dan keterampilan aksi lingkungan - Keterlibatan dalam perilaku tanggung jawab terhadap lingkungan

Sumber: Liang *et al.* (2018)

2.1.3 Problem Based Learning Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi

2.1.3.1 Pengertian Problem Based Learning Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi

Problem based learning dipopulerkan pada tahun 1980 oleh Barrows dan Tamblyn yang melakukan penelitian pada mahasiswa kedokteran di McMaster Medical School di Kanada sehingga tercetus pembelajaran berbasis masalah. *Problem based learning* merupakan pembelajaran yang dihasilkan dari suatu proses upaya untuk memahami atau menyelesaikan suatu masalah (Barrows & Tamblyn, 1980).

Problem based learning merupakan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik karena peserta didik akan berperan aktif dalam proses pembelajaran yaitu pada penentuan masalah dan pemecahan masalah. Pembelajaran melalui pengalaman pemecahan masalah memungkinkan peserta didik untuk mempelajari materi serta strategi berpikir baru (Phungsuk *et al*, 2017) . *Problem based learning* memiliki ciri yaitu permasalahan yang digunakan tidak memiliki penyelesaian tunggal sehingga dapat memberikan kesempatan kepada setiap peserta didik dalam mengeksplorasi berdasarkan kemampuan diri sendiri. Diharapkan dalam proses menciptakan solusi, peserta didik akan aktif membangun pengetahuan dengan bertanya, mencari informasi, mengolah informasi sampai pada merumuskan kesimpulan untuk menjadi solusi dari permasalahan tersebut. Sehingga setiap peserta didik dapat mengembangkan potensi diri dalam proses pembelajaran (Manalu *et al*, 2023).

Salah satu hal yang perlu dipertimbangkan dalam penerapan *problem based learning* adalah penyesuaian sesuai kebutuhan. Penyesuaian yang dimaksud dapat dilihat dari kesiapan belajar, minat dan prefensi sehingga peserta didik mampu meningkatkan hasil belajarnya. Penyesuaian pembelajaran ini disebut dengan pembelajaran berdiferensiasi. Menurut Tomlinson (2001) pembelajaran berdiferensiasi merupakan pembelajaran yang digunakan sebagai upaya mengatasi keberagaman peserta didik di dalam kelas melalui berbagai pendekatan sesuai kebutuhan peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Tomlinson dan Moon. (2013) yang menyatakan bahwa pembelajaran berdiferensiasi merupakan proses belajar mengajar di mana peserta didik mempelajari pelajaran sesuai kemampuan, apa yang mereka sukai serta kebutuhan pada masing-masing peserta didik sehingga tercipta pengalaman belajar yang baik.

Problem based learning berbasis pembelajaran berdiferensiasi merupakan pembelajaran yang memungkinkan peserta didik dalam mengidentifikasi apa yang perlu dipelajari dan bagaimana cara mempelajarinya. *Problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi disesuaikan berdasarkan kesiapan belajar, minat, dan profil belajar sehingga dapat membantu peserta didik dalam menghubungkan fenomena dalam kehidupan sehari-hari melalui diferensiasi konten, proses dan produk (Khodijah *et al*, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa *problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi merupakan model pembelajaran berbasis masalah di mana peserta didik dituntut untuk dapat menyelesaikan permasalahan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman. Masalah yang disajikan dalam *problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi harus masalah yang kontekstual serta sesuai dengan kebutuhan pada masing-masing peserta didik. Sehingga solusi yang dimunculkan merupakan hasil dari eksplorasi potensi diri.

2.1.3.2 Sintaks *Problem Based Learning* Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi

Problem based learning berbasis pembelajaran berdiferensiasi memiliki 5 tahapan diantaranya yaitu: (1) mengorientasikan permasalahan pada peserta didik,

(2) mengorganisir peserta didik dalam melakukan penyelidikan, (3) membimbing penyelidikan, (4) mengembangkan dan menyajikan penelitian, (5) menganalisis dan mengevaluasi hasil dari proses pemecahan masalah. Tahapan tersebut di adaptasi dari (Arends, 2008). Berikut diuraikan melalui tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Sintaks *Problem Based Learning*

Tahapan	Aktifitas Guru
Mengorientasikan permasalahan pada peserta didik	Guru menyajikan fenomena dengan tingkat kompleksitas yang berbeda. Fenomena tersebut disajikan berdasarkan kesiapan belajar dari peserta didik.
Mengorganisasi peserta didik untuk belajar	Guru membagi peserta didik ke dalam 6 kelompok secara heterogen. Guru memberikan fenomena masalah tertentu kepada peserta didik sesuai dengan pemahaman dari hasil diagnostik
Membimbing penyelidikan secara individual maupun kelompok	Guru menyediakan LKPD yang telah disesuaikan dengan kesiapan belajar. Guru membantu peserta didik dalam membagi tugas sesuai dengan kesiapan belajarnya.
Mengembangkan dan menyajikan hasil	Guru menjadi fasilitator bagi peserta didik dalam merencanakan atau menampilkan karya yang sesuai dengan hasil pemecahan masalah berupa laporan, video, <i>mindmap</i> , cerpen, dsb

Tahapan	Aktifitas Guru
Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	<p>Guru menjadi fasilitator bagi peserta didik dalam melakukan refleksi atau evaluasi terhadap proses pemecahan masalah yang telah dilakukan.</p> <p>Guru memberikan kebebasan kepada peserta didik dalam memberikan saran, kritik atau masukan dengan berbagai metode seperti tanya jawab langsung, menuliskan dalam catatan dsb.</p>

Sumber: dimodifikasi dari (Arends, 2008)

2.1.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Problem Based Learning Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi

a. Kelebihan Problem Based Learning

Model pembelajaran *problem based learning* merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat mendorong peserta didik untuk lebih aktif serta mandiri dalam mengembangkan pengetahuan serta kemampuan dalam memecahkan suatu masalah melalui penyelidikan berupa memahami segala informasi sebagai bukti. Menurut Akinoğlu & Tandoğan. (2007) *problem based learning* memiliki kelebihan yaitu pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, memberi peluang dalam mempelajari atau menyelidiki fenomena dengan perspektif yang lebih dalam, meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, mendorong peserta didik untuk mempelajari materi atau konsep baru pada saat pemecahan masalah, meningkatkan berpikir kritis dan berpikir ilmiah pada peserta didik dan mengkolaborasikan teori dan penyelidikan sehingga memiliki peluang dalam mengkolaborasikan pengetahuan lama dengan pengetahuan baru.

Problem based learning tidak hanya memiliki kelebihan, namun terdapat kekurangan *problem based learning*, yaitu penyelesaian tugas akan lebih awal atau lambat baik secara individu ataupun kelompok, ketika peserta didik tidak memiliki

pemahaman kenapa mereka perlu memecahkan masalah maka mereka tidak akan belajar apa yang mereka ingin pelajari (Akinoğlu dan Tandoğan, 2007).

Problem based learning berbasis pembelajaran berdiferensiasi menjadi solusi kekurangan *problem based learning* karena adanya penyesuaian sesuai kebutuhan peserta didik sehingga penyelesaian tugas akan lebih awal serta peserta didik akan menganggap pemecahan masalah perlu dipelajari karena masalah yang di identifikasi telah disesuaikan dengan kesiapan belajar dari masing-masing peserta didik.

2.1.4 Deskripsi Materi Ekosistem

2.1.4.1 Pengertian Ekosistem

Ekosistem merupakan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Menurut Campbell dan Reece (2010) ekosistem (*ecosystem*) merupakan interaksi antara organisme-organisme dengan faktor-faktor fisik dalam suatu wilayah. Sedangkan menurut Odum dalam Effendi (2018) Ekosistem ini mencakup semua organisme (komunitas) dalam satu wilayah yang saling mempengaruhi terhadap lingkungan fisiknya sehingga arus energi mengarah pada struktur makanan, keanekaragaman biotik dan daur bahan yaitu pertukaran antara bagian hidup dan bagian tak hidup dalam suatu sistem. Sehingga, ekosistem merupakan kondisi hubungan interaksi (timbal balik) atau saling ketergantungan baik di lingkungan biotik (komunitas) maupun antara komunitas dengan lingkungan abiotik (fisik dan kimiawi) dalam suatu wilayah sehingga membentuk kesatuan (sistem).

2.1.4.2 Komponen Penyusun Ekosistem

Menurut Campbell dan Reece (2010) suatu sistem terdiri dari komponen-komponen yang secara teratur bekerja menjadi satu kesatuan, komponen ekosistem terdiri dari komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik merupakan organisme hidup yang menjadi bagian dari lingkungan suatu individu. Artinya organisme akan mempengaruhi kehidupan organisme lain dalam ekosistem. Berdasarkan fungsi dan perannya makhluk hidup dapat dikelompokkan menjadi produsen, konsumen, detritivor dan pengurai (dekomposer).

- a) Produsen, produsen merupakan organisme yang dapat melakukan sintesis senyawa organik dari bahan senyawa anorganik melalui fotosintesis atau kemosintesis dibantu dengan energi dari cahaya matahari. Contoh produsen dalam ekosistem yaitu tumbuhan hijau seperti pohon, ganggang, rumput, semak (Suhartawan, 2024).
- b) Konsumen, konsumen merupakan organisme yang memperoleh bahan organik dari proses memakan organisme lain
- c) Pengurai (dekomposer atau detritivor), pengurai merupakan organisme yang berperan menguraikan sisa-sisa bahan organik dari organisme yang telah mati.

Sedangkan berdasarkan cara memperoleh makanannya, komponen biotik dibedakan menjadi komponen autotrof dan heterotrof. Autotrof merupakan organisme yang dapat mensintesis makanan sendiri. Komponen autotrof berperan sebagai produsen, contohnya tumbuhan hijau. Sedangkan komponen heterotrof merupakan organisme yang memanfaatkan senyawa organik dari makhluk hidup lain, contohnya berbagai jenis hewan.

Komponen abiotik mencakup faktor-faktor non hidup yang mempengaruhi organisme dalam suatu lingkungan. Faktor-faktor ini menentukan distribusi, kelangsungan hidup, dan aktivitas organisme biotik dalam ekosistem. Komponen abiotik terdiri dari air, udara, cahaya matahari, suhu dan kelembaban, iklim (Campbell & Reece, 2010; Suhartawan, 2024). Berikut uraian komponen abiotik:

- a) Air, air merupakan komponen abiotik yang penting dalam suatu ekosistem. Air digunakan organisme hidup dalam proses pertumbuhan, metabolisme, transportasi nutrisi dsb.
- b) Udara, terdiri dari berbagai gas seperti nitrogen, oksigen, karbondioksida, dan uap air. Udara memberi oksigen yang diperlukan dalam proses respirasi organisme hidup dan berperan dalam sirkulasi nutrisi dan energi dalam ekosistem
- c) Tanah, tanah menyediakan habitat, nutrisi, air dan dukungan bagi akar tumbuhan. Tanah juga merupakan habitat bagi mikroorganisme pengurai yang penting dalam siklus nutrisi.

- d) Cahaya matahari merupakan sumber utama kehidupan di Bumi, digunakan dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan energi kimia yang digunakan dalam rantai makanan.
- e) Suhu dan Kelembaban merupakan faktor dalam menentukan ketersediaan air dan kecocokan lingkungan bagi organisme hidup. Suhu dan kelembaban memengaruhi aktivitas biologis, distribusi spesies dan metabolisme organisme dalam suatu ekosistem.

2.1.4.3 Interaksi antar Komponen Ekosistem

Komponen biotik dan abiotik akan mengalami interaksi yang membentuk hubungan saling ketergantungan, misalnya tumbuhan memerlukan cahaya matahari dalam proses fotosintesis, makhluk hidup memerlukan udara untuk bernapas dsb. Tidak hanya itu, komponen abiotik juga bergantung pada komponen biotik misalnya cacing tanah yang dapat menggemburkan tanah lalu tumbuhan yang mampu menahan erosi. Adapun pola interaksi antar komponen ekosistem yaitu:

- a) Interaksi Antarorganisme

Setiap individu akan selalu berhubungan dengan individu lain baik dengan individu sejenis atau lain jenis ataupun individu dalam satu populasi atau individu-individu dari populasi lain. Interaksi ini dikategorikan sebagai berikut:

- Netral

Hubungan antar organisme yang tidak saling mengganggu dalam habitat yang sama serta tidak menguntungkan dan tidak merugikan keduanya. Sehingga interaksi antar organisme tersebut tidak saling mempengaruhi. Contohnya pada kambing dan ayam.

- Predasi

Hubungan antara mangsa dengan pemangsa (predator). Contohnya singa menyerang zebra, hewan yang membunuh tumbuhan dengan memakan jaringan tumbuhan juga dianggap predator dan mangsa.

- Simbiosis

Simbiosis merupakan bentuk interaksi antara makhluk hidup yang berbeda jenis dalam satu tempat dan dalam waktu tertentu yang hubungannya sangat erat.

Menurut (Campbell dan Reece, 2010) simbiosis dibedakan menjadi tiga, yaitu simbiosis mutualisme, parasitisme dan komensalisme.

Simbiosis mutualisme adalah hubungan antar organisme yang saling menguntungkan, contohnya semut penyengat pengisap pohon akasia. Simbiosis komensalisme merupakan hubungan antara dua spesies yang satu pihak diuntungkan dan pihak lain tidak untungkan ataupun dirugikan. Simbiosis parasitisme adalah hubungan dua organisme yang satu diuntungkan sedangkan satunya dirugikan contohnya nyamuk yang menghisap darah manusia.

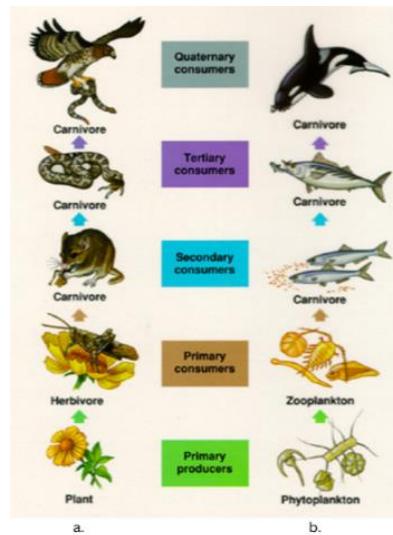
b) Interaksi komponen abiotik dan biotik

Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya menyebabkan terjadinya suatu aliran energi di alam. Aliran energi dalam ekosistem terdapat pada struktur atau tingkat trofik, keanekaragaman biotik serta siklus materi. Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut sehingga suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan merupakan ciri khas ekosistem. Apabila keseimbangan tidak diperoleh maka akan mendorong terjadinya dinamika dalam perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru.

2.1.4.4 Struktur Trofik

a. Rantai makanan

Menurut Campbell & Reece (2010) menjelaskan bahwa transfer energi makanan ke atas tingkat trofik dari sumbernya di tumbuhan dan organisme autotrof lain (produsen primer) melalui herbivora (konsumen primer) ke karnivora (konsumen sekunder, tersier dan kuarter) setelah organisme mati, materi organik akan diuraikan oleh dekomposer. Peredaran energi tersebut dinamakan rantai makanan. Berdasarkan gambar 2.1 rantai makanan berawal dari produsen primer yaitu tumbuhan dan fitoplankton, lalu ke konsumen primer yaitu herbivora dan zooplankton, lalu ke konsumen sekunder yaitu karnivora hingga konsumen kuarter yaitu karnivora.

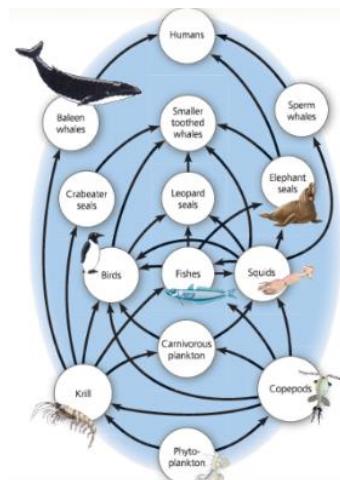


Gambar 2. 1 Rantai Makanan; a. Rantai makanan di darat; b. Rantai makanan di laut

Sumber: Campbell & Reece (2010)

b. Jejaring makanan

Peristiwa yang terjadi di alam dalam proses makan dimakan tidak hanya melibatkan satu produsen di makan satu konsumen tetapi lebih dari satu konsumen saja. Rantai makanan tidaklah sederhana, ada banyak satu dengan yang lain saling berhubungan ataupun berkaitan. Peristiwa tersebut dinamakan jejaring makanan. (Campbell dan Reece, 2010). Gambar 2.2 menunjukkan beberapa rantai makanan yang membentuk jaring-jaring makanan. Produsen tidak selalu menjadi sumber makanan bagi satu jenis konsumen saja. contohnya Fitoplankton dimakan oleh krill dan copepods. Begitu pun krill dan copepods tidak hanya dimakan oleh carnivorous plankton saja tetapi juga makanan untuk burung, ikan, cumi-cumi, dan seterusnya.



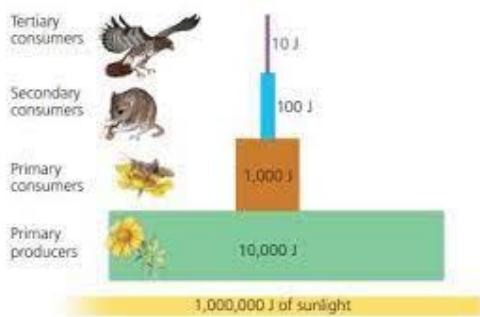
Gambar 2. 2 Jejaring makanan di laut

Sumber: Campbell & Reece (2010)

c. Piramida makanan

Piramida makanan merupakan piramida yang menggambarkan penurunan energi pada tingkat trofik. Struktur trofik disusun berdasarkan kesesuaian hubungan perpindahan energi antar trofik yang secara umum memperlihatkan bentuk segitiga atau piramida. Piramida ini berfungsi sebagai pembanding dari setiap tingkatan trofik satu dengan lainnya dalam ekosistem. Tingkatan pertama ditempati oleh produsen sebagai dasar dari piramida ekologi, selanjutnya konsumen (primer, sekunder, tersier hingga puncak).

Ketika organisme autotrof (produsen) dimakan oleh herbivora (konsumen 1) maka energi yang tersimpan dalam produsen (tumbuhan) akan berpindah ke tubuh konsumen 1, dan seterusnya. Setiap tingkatan pada rantai makanan disebut dengan taraf trofik. Berdasarkan (Gambar 2.3) piramida makanan menjelaskan bahwa piramida makanan merupakan perpindahan energi dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya. Pada piramida makanan terjadi perpindahan energi pada setiap tingkatan trofik. Energi yang berpindah dari individu ke individu lain pada yaitu sebesar 10%. Sisa energi tersebut digunakan individu untuk aktivitas yang dilepaskan melalui panas. Sehingga semakin tinggi tingkat trofik, maka jumlah energi yang dipindahkan semakin sedikit (Campbell dan Reece, 2010).



Gambar 2.3 Piramida Makanan

Sumber: Campbell dan Reece (2010)

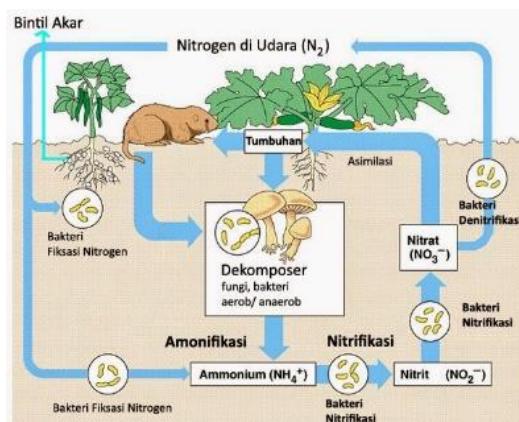
2.1.4.5 Siklus Biogeokimia

Siklus biogeokimia merupakan daur materi yang terjadi di alam. Pendaurulangan unsur kimia esensial diperlukan dalam kehidupan di Bumi. Selama organisme hidup maka sebagian besar simpanan zat kimianya akan diganti secara terus menurus sejalan dengan asimilasi *nutrient* serta pelepasan produk buangan. Siklus biogeokimia merupakan siklus perpindahan senyawa kimia melalui organisme (perantara) yang kemudian akan kembali pada lingkungan fisiknya. Siklus biogeokimia dibedakan menjadi beberapa tipe meliputi; daur gas (gas karbon, nitrogen), daur padatan (fosfor), dan daur air (hidrologi) (Campbell dan Reece, 2010). Berikut penjelasan dari masing-masing daur biogeokimia;

a) Siklus Nitrogen

Nitrogen merupakan bagian asam amino, protein dan asam nukleat yang sering kali menjadi *nutrient* pembatas bagi tumbuhan (Campbell & Reece, 2010). Pada umumnya nitrogen bagi tanaman tersedia dalam dua bentuk yaitu, amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Reservoir (penyimpanan) utama nitrogen yaitu pada gas nitrogen yang terdiri dari 80% dan tidak bisa diserap oleh tumbuhan. Gas N₂ diubah menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tumbuhan baik secara fisik maupun secara biologis. Fiksasi nitrogen secara fisik dilakukan dengan bantuan petir yang menghasilkan NO₂ karena bereaksi dengan oksigen di atmosfer. Berdasarkan (Gambar 2.4) fiksasi nitrogen secara biologis dilakukan oleh bakteri simbiotik melalui hubungan mutualistik oleh bakteri aerobik dan sianobakteri menjadi amonia (NH_3) (Smith & Smith, 2012).

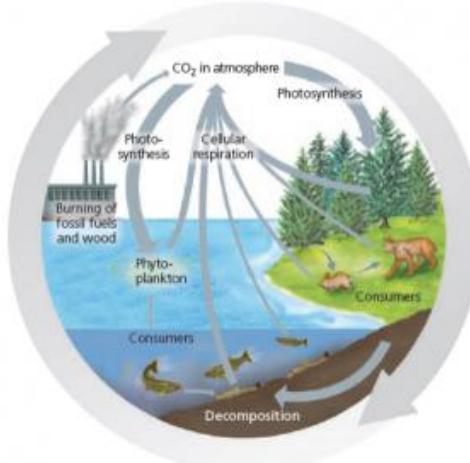
NH₃ mengalami amonifikasi menjadi NH₄⁺ oleh bakteri pengikat nitrogen di dalam tanah. Di dalam tanah NH₄⁺ mengalami nitrifikasi yaitu perubahan NH₄ menjadi nitrit (NO₂) oleh bakteri nitrifikasi seperti Nitrosomonas atau Nitrosococcus. Nitrit (NO₂) akan diubah oleh Nitrobacter menjadi senyawa anorganik yang mengandung nitrat (NO₃). NO₃ akan diserap oleh tumbuhan untuk pertumbuhan dan perkembangan, salah satunya membentuk protein dibawah kendali DNA dan RNA di dalam sel. Di sisi lain, NO₃ berubah kembali menjadi gas N₂ dan kembali ke udara melalui proses denitrifikasi oleh bakteri denitrifikasi yaitu Pseudomonas (Campbell & Reece, 2010).



Gambar 2.4 Siklus Nitrogen
Sumber: Campbell & Reece (2010)

b) Siklus Karbon

Siklus karbon merupakan siklus biogeokimia yang berkaitan dengan pertukaran atau perpindahan karbon antara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer. Gambar 2.5 menunjukkan siklus karbon yang proses utamanya di dorong dari proses fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton yang memindahkan karbondioksida dari atmosfer lebih banyak setiap tahunnya. Jumlah ini sebanding dengan karbondioksida yang ditambahkan ke atmosfer melalui respirasi seluler oleh produsen dan konsumen. Gunung berapi juga menjadi sumber karbondioksida yang substansial. Pembakaran bahan bakar fosil menambah karbondikoksida ke atmosfer (Campbell dan Reece, 2010). Sehingga dalam prosesnya siklus karbon mengalami proses timbal balik pada proses fotosintesis dan respirasi seluler yang menyediakan suatu hubungan antara lingkungan atmosfer dengan lingkungan terestrialnya.

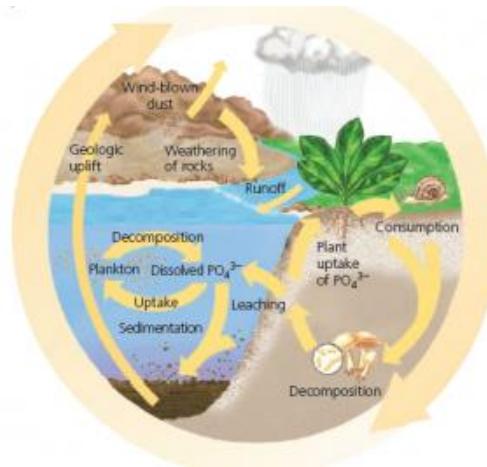


Gambar 2.5 Siklus Karbon
Sumber: Campbell & Reece (2010)

c) Siklus Fosfor

Organisme pada dasarnya membutuhkan fosfor sebagai penyusun utama asam nukleat, fosfolipid, ATP dan molekul penyimpanan energi lainnya.

Berdasarkan (Gambar 2.6) menunjukkan bahwa fosfor di alam berada dalam bentuk ion fosfat (PO_4^{3-}) yang diabsorpsi dan digunakan oleh tumbuhan dalam sintesis senyawa-senyawa organik. Pengikisan bebatuan akibat dari cuaca, perlahan akan menambah ion fosfat ke dalam tanah, beberapa di antaranya mengalir dalam air tanah dan air permukaan yang berakhir di laut. Fosfat yang diambil oleh produsen akan bergabung dengan molekul biologis yang dapat dimakan oleh konsumen lalu disebarluaskan melalui jaring-jaring makanan. Fosfat kemudian akan kembali ke tanah atau air melalui dekomposisi biomassa (eksresi) oleh konsumen. Karena tidak ada gas yang mengandung fosfor maka hanya ada sedikit fosfor yang berjalan melalui atmosfer (biasanya dalam bentuk percikan air laut atau debu).

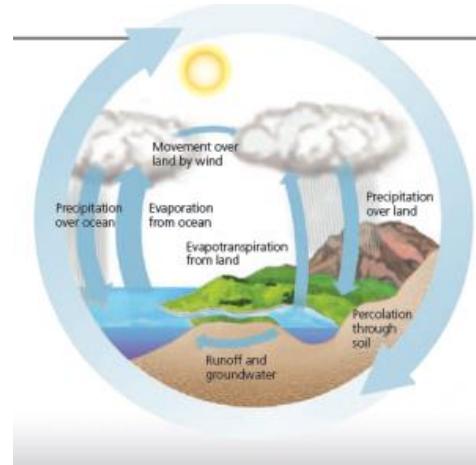


Gambar 2. 6 Siklus Fosfor

Sumber: Campbell & Reece (2010)

d) Siklus Air

Siklus air merupakan rangkaian atau tahapan yang dilalui oleh air di bumi, ke atmosfer lalu kembali lagi ke bumi. Air merupakan hal penting untuk semua organisme. Ketersediaannya mempengaruhi laju proses-proses ekosistem.



Gambar 2. 7 Siklus Air

Sumber: Campbell & Reece (2010)

Berdasarkan (Gambar 2.7) menunjukkan siklus air, proses utama yang mendorong siklus air adalah evaporasi. Saat terkena matahari, seluruh permukaan bumi yang mengandung air akan mengalami penguapan (evaporasi) sementara makhluk hidup mengalami transpirasi. Uap air akan menuju ke lapisan atmosfer membentuk awan. Kemudian awan berpindah karena perbedaan suhu udara atau

terbawa oleh angin. Ketika terpapar udara dingin, awan akan mengalami kondensasi menjadi tetes-tetes air yang kemudian jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk hujan (presipitasi). Air hujan akan masuk ke dalam tanah. Di mana sebagian air tanah akan diserap oleh tumbuhan untuk fotosintesis, air tanah dalam bentuk mata air, sumur, danau, dan sungai yang kemudian dimanfaatkan oleh hewan maupun manusia untuk menunjang kehidupannya. Air sungai akan mengalir ke tempat yang lebih rendah dan menuju ke laut kembali.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang akan dilaksanakan ini relevan dengan penelitian Maulidia dan Prafitasari (2023), penelitian tersebut menjelaskan bahwa penggunaan strategi pembelajaran berdiferensiasi merupakan strategi yang dapat mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik. Tidak hanya itu, pembelajaran berdiferensiasi ini merupakan penyesuaian dari minat, gaya belajar dan kesiapan belajar sehingga dapat mempengaruhi hasil belajar.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Dian Fitriani *et al.* (2023). Penelitian tersebut membahas bahwa pembelajaran berdiferensiasi dengan model *problem based learning* memiliki dampak yang positif dalam proses pembelajaran misalnya peserta didik dapat mengikuti proses belajar dengan baik karena sesuai dengan kesiapan belajarnya, memunculkan rasa percaya diri dan motivasi sehingga tercipta pembelajaran yang aktif, guru termotivasi untuk berinovasi serta berkreasi dalam pembelajaran, terciptanya kerja sama, baik peserta didik dengan peserta didik ataupun guru dengan murid.

Penelitian lain yang relevan yaitu pada penelitian Magfirroh (2024) yang menyatakan bahwa kelas dengan pembelajaran berdiferensiasi berbasis *edutainment* terhadap kemampuan literasi sains di kelas kontrol dan kelas eksperimen berbeda. Pada kelas kontrol guru berperan aktif sedangkan peserta didik hanya mendengarkan, sedangkan di kelas eksperimen, peserta didik berperan aktif dalam proses pembelajaran, saling berdiskusi, adanya tutor sebaya, dan mampu mengidentifikasi hasil pembelajaran. Hasil penelitian pada kelas eksperimen juga mengalami peningkatan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh

pembelajaran berdiferensiasi berbasis *edutainment* terhadap kemampuan literasi sains.

Penelitian yang relevan yaitu penelitian Siddiq *et al.* (2020) yang membahas mengenai penggunaan model pembelajaran yaitu *problem based learning*. Hasil penelitian ini yaitu adanya pengaruh penerapan *problem based learning* terhadap literasi lingkungan. Hal ini dikarenakan *problem based learning* merupakan model pembelajaran yang masalahnya bersifat kontekstual sehingga mudah dipahami oleh peserta didik dan solusi dari permasalahannya dapat diterapkan langsung pada kehidupan sehari-hari.

2.3 Kerangka Konseptual

Kurikulum merdeka merupakan kurikulum yang memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk aktif mengeksplorasi isu-isu aktual, seperti isu-isu lingkungan, kesehatan, ekonomi dan sebagainya dalam meningkatkan kompetensi Profil Pelajar Pancasila. Kurikulum merdeka memiliki tujuan dalam meningkatkan kemampuan literasi, numerasi dan sains. Hal ini selaras dengan kemampuan yang diperlukan di abad 21 yaitu peserta didik dituntut dapat menggunakan metode ilmiah pada fenomena-fenomena ilmiah yang terjadi. Literasi sains dan literasi lingkungan menjadi kemampuan yang diperlukan dalam menghadapi dan memahami fenomena-fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar dengan mengintegritaskannya melalui konsep ilmiah.

Literasi sains merupakan kemampuan individu dalam menggunakan konsep ilmiah, menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah serta penyelesaian berdasarkan data dan bukti hasil penyelidikan. Sehingga literasi sains dapat membantu individu dalam memecahkan permasalahan terutama mengenai isu-isu lingkungan menggunakan konsep ilmiah. kemampuan lain yang diperlukan di abad 21 yaitu literasi lingkungan. Literasi lingkungan merupakan kemampuan individu untuk memahami dan menginterpretasikan kesehatan lingkungan. Individu yang memiliki literasi lingkungan akan bertanggung jawab melalui pengetahuan, keterampilan dan kesadaran., sehingga tercipta lingkungan yang sehat.

Pembelajaran biologi dapat memunculkan literasi sains dan literasi lingkungan terutama pada materi ekosistem. Materi ekosistem merupakan materi yang berkaitan dengan lingkungan dan permasalahan yang ada dilingkungan sekitar sehingga mudah ditemui di kehidupan sehari-hari. Peserta didik dapat menemukan solusi untuk lingkungan sekitar berdasarkan konsep ilmiah.

Proses peningkatan kemampuan literasi sains dan literasi lingkungan yaitu melalui proses pembelajaran menggunakan model pembelajaran. Salah satu model pembelajaran yang sesuai yaitu *problem based learning*. Penggunaan model tersebut masih belum optimal sehingga diperlukan upaya dalam mengoptimalkan *problem based learning* dalam meningkatkan literasi sains dan literasi lingkungan. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan sebagai upaya optimalisasi *problem based learning* yaitu dengan pembelajaran berbasis diferensiasi. *Problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi merupakan penyesuaian pembelajaran sesuai dengan kebutuhan peserta didik sehingga peserta didik dapat mengeksplorasi potensi dirinya.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti menduga terdapat pengaruh *problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi terhadap kemampuan literasi sains dan literasi lingkungan di kelas X SMAN 1 Cihaurbeuti pada materi ekosistem. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan literasi sains dan literasi lingkungan melalui *problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi, sehingga dapat membantu dalam meningkatkan kapasitas peserta didik khususnya di pembelajaran biologi.

2.4 Hipotesis Penelitian dan/ Pertanyaan Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan tujuan, maka penulis merumuskan hipotesis atau dugaan sementara, yaitu sebagai berikut:

Ha: Ada pengaruh *problem based learning* berbasis pembelajaran berdiferensiasi terhadap kemampuan literasi sains dan literasi lingkungan peserta didik pada materi ekosistem.