

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1. Kajian Pustaka

2.1.1. Keterampilan Berpikir Kritis

2.1.1.1. Pengertian Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir merupakan salah satu media penting yang memungkinkan manusia untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi berbagai perubahan (Rubiyanto et al., 2016). Keterampilan berpikir yang dibutuhkan dalam menghadapi tantangan abad 21 yaitu keterampilan berpikir tingkat tinggi. Menurut Triyanto et al., (2016), salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dituntut dalam pembelajaran abad 21 ini adalah keterampilan berpikir kritis.

Berpikir kritis merupakan aktivitas disiplin mental untuk berpikir reflektif dan masuk akal dalam mengevaluasi argumen serta mengambil keputusan yang harus dilakukan (Huda et al., 2011). Hal ini sejalan dengan Aziz et al., (2022) yang disampaikan oleh Ennis bahwa berpikir kritis adalah suatu proses berpikir reflektif dengan berfokus pada memutuskan apa yang diyakini atau dilakukan.

Eggen dan Kauchak (2012) dalam (Nurjanah et al., 2020), menjelaskan bahwa berpikir kritis merupakan kemampuan dan kecenderungan seseorang untuk membuat dan melakukan penilaian terhadap kesimpulan berdasarkan bukti yang didapat selama proses pengumpulan informasi dari berbagai sumber.

Berdasarkan berbagai penjelasan mengenai keterampilan berpikir kritis diatas, dapat disimpulkan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan yang dimiliki oleh seseorang dalam menyimpulkan dan memutuskan sesuatu berdasarkan pengumpulan informasi yang didapatkan dari berbagai sumber.

2.1.1.2. Tujuan Keterampilan Berpikir Kritis

Tujuan berpikir kritis yaitu untuk menguji suatu pendapat atau ide yang di dalamnya telah dilakukan pertimbangan atau pemikiran didasarkan pada pendapat yang diajukan (Sutoyo & Priantari, 2019b). Tujuan ini diperjelas menurut Mukarromah & Sartono (2018), tujuan dari berpikir kritis adalah untuk menyiapkan peserta didik dan memfasilitasi seseorang untuk dapat menjadi pemikir kritis agar

dapat merumuskan masalah, mengumpulkan informasi, mengajukan pertanyaan, dan juga memiliki pemikiran yang terbuka agar dalam berkomunikasi dapat dengan efektif serta membawa banyak manfaat untuk dirinya sendiri atau orang lain.

2.1.1.3. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Zubaidah (2010) menuliskan pengelompokan indikator berpikir kritis yang disusun oleh Robert Hugh Ennis pada tahun 1985 sebagai berikut:

- 1) Memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*), terdiri dari sub indikator memfokuskan pertanyaan, menganalisis argumen, serta bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan atau tantangan.
- 2) Membangun keterampilan dasar (*basic support*), terdiri atas mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi.
- 3) Menyimpulkan (*inference*), yang terdiri atas kegiatan mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi, meninduksi dan mempertimbangkan hasil induksi, serta membuat serta menentukan nilai pertimbangan.
- 4) Memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*), terdiri atas mengidentifikasi istilah dan mempertimbangkan definisi, serta mengidentifikasi asumsi.
- 5) Mengatur strategi dan teknik (*strategies and tactics*), terdiri atas menentukan tindakan dan berinteraksi dengan orang lain

2.1.2. Model Discovery Learning

2.1.2.1. Pengertian Model Discovery Learning

Discovery atau penemuan merupakan suatu model pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan pandangan konstruktivisme. Jerome Bruner dalam (Kholifah et al., 2018) menjelaskan bahwa pembelajaran menggunakan model penemuan lebih menekankan pada proses pembelajaran yang menuntut peserta didik untuk berusaha menemukan konsep dengan atau tanpa bimbingan guru. Menurut Fadriati (2017), *Discovery learning* merupakan proses belajar yang di dalamnya tidak disajikan suatu konsep secara langsung, tetapi penemuan konsep tersebut dilakukan oleh peserta didik secara mandiri sesuai dengan cara belajar mereka masing-masing.

Discovery learning merupakan model pembelajaran dengan mengembangkan cara berpikir ilmiah dimana peserta didik sebagai subjek belajar dan guru berperan hanya sebagai pembimbing dan fasilitator belajar (Sundari, 2018). Sebagai subjek belajar peserta didik dilibatkan dalam mengajukan pertanyaan dan merumuskan permasalahan, menemukan dan mengumpulkan data, mengklarifikasi hasil penemuan dan mengambil kesimpulan, sehingga peserta didik merasa berperan penting dalam kegiatan pembelajaran (Suprihatin, dkk., 2014) dalam (Fitryani et al., 2017).

Berdasarkan beberapa pendapat diatas, maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *discovery learning* merupakan suatu model pembelajaran dimana peserta didik berperan aktif untuk melakukan penemuan konsep secara mandiri melalui kegiatan mengajukan pertanyaan dan merumuskan permasalahan, menemukan dan mengumpulkan data, mengklarifikasi hasil penemuan dan mengambil kesimpulan, sehingga hasil belajar yang diperoleh akan lebih tahan lama dalam ingatan peserta didik.

2.1.2.2. Tujuan Model *Discovery Learning*

Proses pembelajaran menggunakan model *discovery learning* terpusat pada peserta didik, maka tujuan dari penerapan model *discovery learning* yaitu untuk menjadikan peserta didik lebih aktif dalam proses pembelajaran, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar (Fitryani et al., 2017).

Menurut Bell dalam (Fitriyah et al., 2017), tujuan spesifik dari pembelajaran penemuan diantaranya sebagai berikut:

1. Peserta didik memiliki kesempatan untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran.
2. Peserta didik dapat menemukan pola dalam situasi konkrit ataupun abstrak, sehingga dapat mengolah informasi tambahan yang diberikan.
3. Dalam pembelajaran penemuan, peserta didik belajar untuk merumuskan strategi tanya jawab untuk memperoleh informasi.
4. Pembelajaran dengan penemuan membantu peserta didik untuk melakukan kerja sama yang efektif dalam membagi dan memperoleh informasi.

5. Dengan pembelajaran penemuan, konsep serta keterampilan yang dipelajari menjadi lebih bermakna.
6. Keterampilan yang dipelajari dalam pembelajaran penemuan, bermanfaat untuk beradaptasi dalam aktivitas dan situasi belajar yang baru.

Maka, tujuan dari penggunaan model *discovery learning* adalah mengembangkan peserta didik untuk aktif dalam proses pembelajaran sehingga hasil belajar yang diperoleh akan mudah dipahami dan diingat.

2.1.2.3. Langkah Pelaksanaan Model *Discovery Learning*

Menurut Yani & Ruhimat (2018) langkah-langkah pelaksanaan model pembelajaran *Discovery Learning* yaitu sebagai berikut:

1. *Stimulation* (Stimulasi/Pemberian Rangsangan)

Di tahap ini, guru memberikan pertanyaan atau gambar sebagai suatu permasalahan yang dapat memberi rangsangan pada peserta didik. Selain itu, guru juga dapat meminta peserta didik untuk melakukan kegiatan membaca buku, berita di koran, atau mencari informasi pada sumber lainnya untuk merangsang pemikiran.

2. *Problem Statement* (Pertanyaan/Identifikasi Masalah)

Di tahap ini, guru memberi kesempatan pada peserta didik untuk mengidentifikasi masalah sebanyak mungkin. Kemudian, masalah yang telah ditemukan dirumuskan dalam bentuk pertanyaan atau hipotesis.

3. *Data Collection* (pengumpulan Data)

Kegiatan yang dilakukan di tahap ini yaitu peserta didik mengumpulkan informasi melalui pengamatan, wawancara, atau membaca literatur untuk menjawab pertanyaan yang telah diajukan.

4. *Data Processing* (Pengolahan Data)

Di tahap ini, peserta didik mengolah data dan informasi yang telah diperoleh. Kemudian, peserta didik melakukan diskusi untuk menghubungkan data yang diperoleh dengan hipotesis yang telah disusun. Kegiatan mengolah data dapat berupa membuat grafik, mengkorelasikan dua data atau lebih, mengklasifikasikan, dan lain-lain.

5. *Verification (pembuktian)*

Pembuktian dilakukan untuk memastikan bahwa data yang ditemukan pada tahap sebelumnya dapat menjawab pertanyaan atau membuktikan kebenaran hipotesis.

6. *Generalization (menarik Simpulan/Generalisasi)*

Tahap *generalization* merupakan tahap peserta didik menarik kesimpulan dari apa yang telah dilakukan di tahap-tahap sebelumnya. Pada tahap ini memberi penguatan terhadap teori, konsep, kaidah, dan prinsip yang dipelajari sesuai dengan harapan kompetensi selama pembelajaran.

Jadi langkah-langkah yang digunakan peneliti dalam penelitian ini yaitu *Stimulation* (Stimulasi/Pemberian Rangsangan), *Problem Statement* (Pertanyaan/Identifikasi Masalah), *Data Collection* (pengumpulan Data), *Data Processing* (Pengolahan Data), *Verification* (pembuktian), dan *Generalization* (menarik Simpulan/Generalisasi).

2.1.2.4. Kelebihan dan Kekurangan Model *Discovery Learning*

Beberapa kelebihan yang dapat diperoleh dalam menggunakan model *discovery learning* menurut Yuliana (2018) diantaranya sebagai berikut:

1. Membantu peserta didik untuk memperbaiki serta meningkatkan keterampilan dan proses kognitifnya.
2. Membantu peserta didik berkembang sesuai dengan kecepatan dan kemampuannya sendiri.
3. Dalam proses pembelajaran banyak melakukan aktivitas berdiskusi, sehingga meningkatkan tingkat penghargaan pada peserta didik.
4. Mampu menimbulkan perasaan senang dan bahagia karena peserta didik berhasil melakukan penelitian.
5. Membantu peserta didik menghilangkan skeptisme (keragu-raguan) karena mengarah pada kebenaran yang final dan pasti

Model pembelajaran *Discovery Learning* memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Bagi peserta didik yang kurang mempersiapkan pikirannya untuk belajar, akan mengalami kesulitan dalam berfikir atau mengungkapkan hubungan antara konsep yang tertulis atau lisan, sehingga akan menimbulkan frustrasi.

2. Model ini tidak efisien untuk digunakan dalam kelas dengan jumlah peserta didik yang banyak, karena membutuhkan waktu lama untuk membantu mereka menemukan teori atau pemecahan masalah lainnya.
3. Bagi guru dan peserta didik yang terbiasa menggunakan cara belajar atau model lama, harapan-harapan yang terkandung dalam model *discovery learning* ini dapat buyar atau menjadi tidak fokus sesuai dengan tujuan.

2.1.3. *Artificial Intelligence Learning System (AILS)*

2.1.3.1. *Pengertian Artificial Intelligence Learning System (AILS)*

Artificial intelligence atau kecerdasan buatan merupakan kecerdasan yang ditambahkan kedalam suatu sistem komputer untuk melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan oleh manusia (Rusilowati, 2019). Hal ini sejalan dengan yang dijelaskan oleh Tjahyanti et al., (2022) bahwa *Artificial intelligence* merupakan suatu aplikasi dan intruksi terkait dengan pemrograman komputer untuk dapat melakukan suatu hal yang lebih baik dari manusia.

Menurut Sallu & Wahidin (2023), kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* merupakan pengembangan teknologi robotik dengan merancang suatu mesin yang memodelkan cara berpikir dan berperilaku seperti manusia dengan tugas kognitif yaitu dapat belajar secara otomatis dari data dan informasi yang telah terprogram. *Artificial intelligence* merupakan suatu teknologi yang diciptakan ke dalam sebuah sistem dan komputer sebagai mediumnya untuk melakukan proses interaksi yang berfungsi dalam memudahkan manusia menjalankan kegiatan sehari-hari (Pratikno, 2017).

Berdasarkan beberapa pendapat para ahli terkait pengertian *Artificial Intelligence*, maka dapat disimpulkan bahwa *Artificial intelligence* atau kecerdasan buatan merupakan suatu kecerdasan teknologi yang diciptakan ke dalam sistem komputer untuk melakukan pekerjaan seperti manusia sehingga memudahkan manusia dalam menjalankan kegiatan sehari-hari.

Learning system atau sistem pembelajaran berasal dari dua kata sistem dan pembelajaran. Sistem dapat dimaknai sebagai suatu keseluruhan yang memiliki komponen-komponen saling bersinergi untuk mencapai suatu tujuan yang telah ditetapkan dan pembelajaran merupakan kegiatan yang bertujuan yakni

membelajarkan peserta didik (Pribadi, 2009). Sehingga, sistem pembelajaran merupakan kombinasi komponen-komponen yang terorganisasi meliputi unsur manusiawi, material, fasilitas, perlengkapan dan prosedur yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan (Abdillah et al., 2022).

Artificial intelligence di bidang pendidikan diterapkan dalam otomatisasi proses administrasi dan tugas, pengembangan kurikulum dan konten, pengajaran, dan proses belajar siswa. Penerapan *Artificial Intelligence* dibidang pendidikan diantaranya *virtual reality*, platform berbasis web, chatbot, robotika, konferensi video, file audiovisual, dan teknologi 3-D (Chen et al., 2020). Menurut Goksel & Bozkurt (2019), implementasi *Artificial Intelligence* dalam pendidikan bertujuan untuk menyediakan ruang belajar yang memenuhi kebutuhan peserta didik dan memberikan kesempatan belajar sesuai dengan preferensi belajar peserta didik. Penggunaan *artificial intelligence* dalam bidang pendidikan hanya sekedar alat pendukung dan tidak sepenuhnya menggantikan faktor manusia (pengajar) dalam pendidikan, karena mengajar bukan sekedar memberikan pengetahuan. Maka dalam penggunaan alat pendukung seperti *Artificial Intelligence Chatbot* pengajar yang memutuskan waktu yang tepat untuk menggunakan (Hanh & Hurng, 2021).

Berdasarkan penjelasan diatas mengenai *Artificial Intelligence* dan *Learning System*, maka dapat disimpulkan bahwa *Artificial Intelligence Learning System* merupakan sebuah kecerdasan teknologi yang diciptakan ke dalam sistem komputer sebagai pendamping guru untuk menyampaikan informasi materi dalam menjalankan sistem pembelajaran sehingga mencapai tujuan pembelajaran. *Artificial Intelligence* melakukan tugas seperti yang dilakukan guru dalam bidang akademik yaitu memberikan informasi terkait materi pembelajaran. Dunia pendidikan saat ini ditandai oleh integrasi teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (*AI*), pembelajaran mesin (*Machine learning*), dan *Internet of Things* (*IoT*) dalam proses pembelajaran (Diantama, 2023).

1) *Internet of Think* (*IoT*)

Internet of Think merupakan suatu kemampuan menghubungkan objek-objek cerdas dan memungkinkannya untuk berinteraksi dengan objek lain, lingkungan, maupun dengan peralatan komputasi cerdas lainnya melalui jaringan

internet yang tersambung secara terus-menerus (Najib et al., 2020). Hal ini sejalan dengan yang dijelaskan oleh Luthfiandari (2022), bahwa IoT merupakan suatu perangkat internet yang ditanamkan dalam alat-alat tertentu dengan tujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia dimasa perkembangan teknologi saat ini.

Internet of Think di bidang pendidikan berperan dalam pembaruan proses pembelajaran menjadi m-learning (*Mobile Learning*) dan e-learning (*Electronic Learning*). Penerapan IoT bermanfaat bagi peserta didik dalam mendapatkan informasi dan ilmu pengetahuan melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Dengan adanya IoT, peserta didik mendapatkan materi pelajaran dengan mudah saat tidak dapat mengikuti pembelajaran di kelas. Manfaat IoT lainnya dalam absensi dan rekapitulasi kehadiran peserta didik menggunakan teknologi sensor sidik jari (Megawati & Lawi, 2021).

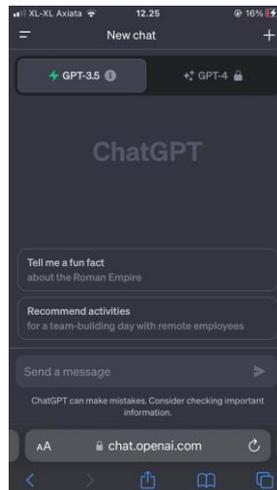
2) *Machine Learning*

Machine learning merupakan teknik pembelajaran yang diterapkan pada mesin sehingga bisa meniru kecerdasan yang dimiliki oleh manusia (Purnomo & Yuhana, 2016). *Machine Learning* merupakan salah satu bagian dari kecerdasan buatan (AI) yang membantu komputer atau mesin pengajaran untuk belajar dari semua data sebelumnya sehingga membuat keputusan yang cerdas (Fathurohman, 2021). Fathurohman (2021) juga menjelaskan mengenai pemanfaatan *Machine Learning* di bidang pendidikan diantaranya yaitu sistem pemberi rekomendasi yang bermanfaat bagi peserta didik dalam mengidentifikasi konten materi. Manfaat lainnya yaitu sebagai asisten pengajar yang dapat memudahkan pekerjaan pendidik dan menciptakan platform *real-time* yang mampu memberikan umpan balik langsung kepada pelajar. Di bidang pendidikan *Machine Learning* membuat aktivitas pembelajaran lebih mudah, lebih cepat, dan lebih efisien jika dibandingkan ketika dilakukan secara manual.

Pembelajaran dengan menggunakan *artificial intelligence* dapat membantu peserta didik memperoleh sumber informasi yang sesuai dengan kebutuhan belajar. Penerapan *artificial intelligence* dibidang pendidikan salah satunya yaitu *chatbot*. *Chatbot* dapat memainkan peran yang berguna untuk tujuan pendidikan, karena peserta didik dapat terus berinteraksi dalam mengajukan pertanyaan terkait bidang

tertentu (Hanh & Hurng, 2021). *Artificial Intelligence Learning System* yang digunakan dalam pembelajaran di penelitian ini yaitu *Chat GPT*. *Chat GPT* dikembangkan oleh *OpenAI*, sebuah perusahaan laboratorium riset dan implementasi kecerdasan buatan yang berbasis di California. *Chat GPT* (*Generative Pre-trained Transformer*) merupakan sistem kecerdasan buatan yang mampu memberikan *output* serupa dengan manusia ketika interaksi dalam percakapan berbasis teks (Suharmawan, 2023). Langkah-langkah dalam menggunakan *Chat GPT* sebagai berikut:

- 1) Buka browser melalui ponsel atau *Personal Computer*
- 2) Kunjungi Laman <https://chat.openai.com/>
- 3) Kemudian, *Sign Up* untuk membuat akun dengan klik *create an OpenAI account*
- 4) Registrasi dapat melalui akun *email, microsoft, atau google*
- 5) Setelah registrasi *OpenAI* akan mengirimkan kode verifikasi melalui *WhatsApp*
- 6) Masukkan kode dan akan langsung dialihkan ke *dashboard platform* atau tampilan halaman utama *Chat GPT*



Gambar 2.1 Halaman Utama *Chat GPT*

Sumber: <https://chat.openai.com/>

- 7) Masukkan *keyword* atau perintah yang diinginkan dan *Chat GPT* akan memberikan jawaban hanya dengan menunggu beberapa detik

Menurut Suharmawan (2023) penggunaan *Chat GPT* dalam pendidikan dapat berfungsi sebagai sumber belajar interaktif yang membantu peserta didik dalam memahami materi pembelajaran. Peserta didik dapat mengajukan pertanyaan melalui *Chat GPT*, mencari penjelasan tambahan materi pembelajaran, atau contoh-contoh penerapan dari suatu materi. Kemudahan dalam penggunaan *Chat GPT* dapat meningkatkan antusiasme peserta didik dalam mendapatkan informasi.

2.1.4. Materi Ekosistem

2.1.4.1. Pengertian Ekosistem

Ekosistem diartikan sebagai kesatuan fungsional antara makhluk hidup dengan lingkungannya yang di dalamnya terdapat hubungan dan interaksi yang sangat erat dan saling memengaruhi. Ekosistem terbentuk dari berbagai komponen hidup dan tak hidup disuatu tempat yang berinteraksi membentuk satu kesatuan yang teratur (Irianto, 2016).

2.1.4.2. Satuan Makhluk Hidup Penyusun Ekosistem

Menurut Urry et al., (2020) satuan makhluk hidup penyusun ekosistem terdiri dari:

- 1) Individu merupakan satu makhluk hidup tunggal.
- 2) Populasi merupakan sekelompok individu dari spesies sama yang mendiami suatu daerah dan waktu tertentu. Definisi populasi berdasarkan Smith & Smith (2015) memiliki dua fitur penting. Pertama, dengan mensyaratkan bahwa individu harus dari spesies yang sama, hal ini menunjukkan potensi pada organisme yang bereproduksi secara seksual untuk kawin silang di antara anggota populasi. Kedua, populasi merupakan konsep spasial, artinya membutuhkan batas spasial yang jelas misalnya, populasi kutilang darat yang mendiami Pulau Daphne Major di Kepulauan Galapagos.
- 3) Komunitas merupakan kumpulan berbagai populasi yang saling berinteraksi dan menempati wilayah geografis yang sama pada waktu yang sama (Smith & Smith, 2015).
- 4) Ekosistem merupakan tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi.
- 5) Lanskap merupakan wilayah yang terdiri dari kumpulan komunitas dan ekosistem.

- 6) Bioma merupakan ekosistem besar yang meliputi suatu daerah luas dengan flora dan fauna khas seperti hutan hujan tropis.
- 7) Biosfer merupakan tingkatan yang paling kompleks dalam ekologi (Priastomo et al., 2021). Biosfer merupakan bagian terluar bumi yang mencakup udara, daratan, dan air yang memungkinkan berlangsungnya proses kehidupan.

2.1.4.3. Komponen-komponen Penyusun Ekosistem

Komponen ekosistem terdiri dari komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik merupakan komponen ekosistem yang tergolong makhluk hidup. Asril et al. (2022) membedakan komponen biotik berdasarkan perannya menjadi produsen, konsumen, dekomposer dan detritivor.

- 1) Produsen, organisme yang mampu mensintesis senyawa organik dari bahan senyawa an organik dengan bantuan energi matahari.
- 2) Konsumen, organisme yang memperoleh bahan organik dari organisme lain.
- 3) Dekomposer atau pengurai, organisme yang mampu merombak sisa produk organisme/organisme yang telah mati menjadi senyawa anorganik.
- 4) Detritivor, organisme yang memakan serpihan-serpihan organik dari suatu organisme.

Berdasarkan cara memperoleh makanannya Asril et al. (2022) membagi komponen biotik menjadi komponen autotrof dan heterotrof. Autotrof merupakan organisme yang mampu menyediakan/mensintesis makanan sendiri. Komponen autotrof berperan sebagai produsen, contohnya tumbuh-tumbuhan hijau. Sedangkan, heterotrof merupakan organisme yang memanfaatkan senyawa organik dari makhluk hidup lain. Contohnya berbagai jenis hewan. Komponen abiotik merupakan komponen materi yang tergolong makhluk tidak hidup, misalnya : cahaya matahari, tanah, air, kelembaban, dan iklim.

2.1.4.4. Interaksi Antar Komponen Ekosistem

Smith & Smith (2015) menjelaskan interaksi merupakan kebutuhan untuk memperoleh sumber daya dasar yang diperlukan dalam pertumbuhan dan reproduksi. Interaksi antar komponen ekosistem dapat merupakan interaksi antar biotik dengan biotik ataupun biotik dengan abiotik.

2.1.4.4.1. Interaksi antara komponen biotik dengan biotik

Interaksi bisa terjadi antar organisme, antar populasi, dan antar komunitas. Tiap individu akan selalu berhubungan dengan individu lain yang sejenis atau lain jenis, baik individu dalam satu populasinya atau individu-individu dari populasi lain. Interaksi antarorganisme dapat dikategorikan sebagai berikut.

- a. Netral, yaitu hubungan tidak saling mengganggu antarorganisme dalam habitat yang sama, yang bersifat tidak menguntungkan dan tidak merugikan kedua belah pihak. Contoh : antara capung dan sapi, ayam dan kucing.
- b. Predasi, merupakan hubungan antara mangsa dan pemangsa (predator). Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa. Contoh : Singa dengan mangsanya, yaitu kijang, rusa, dan burung hantu dengan tikus.
- c. Parasitisme, merupakan hubungan antarorganisme yang berbeda spesies, bila salah satu organisme hidup pada organisme lain dan mengambil makanan dari hospes atau inangnya sehingga bersifat merugikan inang. Contoh : *Plasmodium* dengan manusia, *Taeniasaginata* dengan sapi, benalu dengan pohon inang, dan nyamuk *Anopheles* dengan manusia.
- d. Komensalisme, merupakan hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies dalam bentuk kehidupan bersama untuk berbagi sumber makanan, salah satu spesies diuntungkan dan spesies lainnya tidak dirugikan. Contohnya anggrek dengan pohon yang ditumpanginya dan ikan hiu dengan ikan remora.
- e. Mutualisme, yaitu hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Contoh simbiosis mutualisme yaitu tanaman legum (kacang-kacangan) dengan Rhizobium. Bakteri dalam bersimbiosis menginfeksi tanaman dan tanaman menanggapi dengan membentuk bintil (nodul). Bakteri Rhizobium memperoleh makanan berupa mineral, gula/karbohidrat dan air dari tanaman inangnya, sedangkan bakteri Rhizobium mampu mengikat nitrogen bebas yang berada di udara menjadi ammonia (NH_3) yang akan diubah menjadi asam amino kemudian menjadi senyawa nitrogen yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berkembang.



Gambar 2.2 Mutualisme antara akar tanaman legum (kacang-kacangan) dengan Rhizobium

Sumber: (Sari & Prayudyaningsih, 2015)

Populasi yang satu dengan populasi lain selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Contoh interaksi antarpopulasi yaitu

- a. Alelopati, yaitu bila populasi yang satu menghasilkan zat yang dapat menghalangi tumbuhnya populasi lain. Contohnya, di sekitar pohon walnut (*Juglans*) jarang ditumbuhi tumbuhan lain karena tumbuhan ini menghasilkan zat yang bersifat toksik. Pada mikroorganisme istilah alelopati dikenal sebagai anabiosa. Contoh, jamur *Penicillium sp.* dapat menghasilkan antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri tertentu.
- b. Kompetisi, bila antarpopulasi terdapat kepentingan yang sama sehingga terjadi persaingan untuk mendapatkan apa yang diperlukan. Contoh, persaingan antara populasi kambing dengan populasi sapi di padang rumput, persaingan hewan jantan memperebutkan wilayah atau pasangan

Komunitas merupakan kumpulan populasi yang berbeda di suatu daerah yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas, misalnya komunitas sawah dan sungai. Komunitas sawah disusun oleh bermacam-macam organisme, misalnya padi, belalang, burung, ular, dan gulma. Komunitas sungai terdiri dari ikan, ganggang, zooplankton, fitoplankton, dan dekomposer. Interaksi antar komunitas sungai dan sawah yang terjadi yaitu dalam bentuk peredaran nutrisi dari air sungai ke sawah dan peredaran organisme hidup dari kedua komunitas tersebut. Interaksi

antar komunitas cukup kompleks karena tidak hanya melibatkan organisme, tapi juga aliran energi dan makanan.

2.1.4.4.2. Interaksi antara komponen biotik dengan komponen abiotik

Interaksi antara komponen biotik dengan abiotik membentuk ekosistem. Hubungan antara organisme dengan lingkungannya menyebabkan terjadinya aliran energi dalam sistem tersebut. Dalam suatu rantai makanan terjadi peristiwa makan dan dimakan antara produsen dan konsumen hingga materi kembali lagi ke alam saat hewan mati dan diuraikan menjadi materi yang lebih sederhana oleh jasad pengurai. Peristiwa tersebut menunjukkan adanya perpindahan materi dan energi dari makhluk hidup satu ke makhluk hidup lain. Di alam aliran energi berjalan dari lingkungan abiotik (matahari), organisme (produsen), konsumen, dan kembali ke alam (udara, air, dan tanah). Dengan adanya interaksi-interaksi tersebut, suatu ekosistem dapat mempertahankan keseimbangannya. Pengaturan untuk menjamin terjadinya keseimbangan ini merupakan ciri khas suatu ekosistem. Apabila keseimbangan ini tidak diperoleh maka akan mendorong terjadinya dinamika perubahan ekosistem untuk mencapai keseimbangan baru.

2.1.4.5. Macam-macam Ekosistem

2.1.4.5.1. Ekosistem Darat

Ekosistem merupakan wilayah darat (terrestrial) yang ditentukan oleh keadaan iklim, curah hujan, letak geografis dan garis lintang. Widodo et al. (2021) membedakan ekosistem berdasarkan karakteristiknya sebagai berikut:

a. Ekosistem gurun



Gambar 2.3 Ekosistem Gurun

Sumber: (Urry et al., 2020)

Ekosistem gurun banyak ditemukan di Amerika Utara, Afrika Utara, Australia, dan Asia Barat. Ciri-ciri dari ekosistem gurun menurut Sandika (2021)

diantaranya memiliki curah hujan sangat rendah, + 25 cm/tahun, perbedaan suhu siang hari dengan malam hari sangat tinggi (Suhu udara maksimum di gurun dapat melebihi 50°C; dan suhu udara bisa turun di bawah -30°C), dan salah tumbuhan pada gambar 2.3 yang dapat beradaptasi dengan daerah kering (tumbuhan xerofit), yaitu kaktus.

b. Ekosistem savanna



Gambar 2.4 Ekosistem Savanna

Sumber: (Urry et al., 2020)

Ekosistem savanna membentang mulai dari daerah tropis sampai dengan daerah beriklim sedang, seperti Hongaria, Rusia Selatan, Asia Tengah, Amerika Selatan, dan Australia. Widodo et al. (2021) menjelaskan ciri-ciri ekosistem savanna sebagai berikut memiliki curah hujan antara 25-50 cm/tahun, tumbuhan yang mampu beradaptasi dengan daerah dengan drainase kurang baik adalah rumput. Pada gambar 2.4 rerumputan membentuk sebagian besar penutup tanah, dengan diselingi beberapa pohon sejenis.

c. Ekosistem Hutan Basah/Ekosistem Hutan Tropis



Gambar 2.5 Ekosistem Hutan Tropis

Sumber: (Urry et al., 2020)

Ekosistem hutan tropis merupakan ekosistem yang memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan dan hewan yang paling tinggi. Meliputi daerah aliran sungai Amazone-Orinaco, Amerika Tengah, sebagian besar daerah Asia Tenggara dan Papua Nugini, serta lembah Kongo di Afrika. Ciri-ciri hutan tropis menurut Widodo et al. (2021) diantaranya curah hujan relatif tinggi, merata sepanjang tahun, yaitu antara 200 - 225 cm/tahun, matahari bersinar sepanjang tahun, rata-rata 25–29°C dengan sedikit variasi musiman. Hutan tropis memiliki vegetasi tumbuhan yang berdaun lebar dan pohon pohon tinggi yang rapat sehingga menciptakan atap hutan (kanopi). Kerapatan dan besarnya kanopi pohon pohon tersebut cahaya matahari tidak mampu menembus sampai ke dasar hutan. Jenis flora khas hutan hujan tropis berupa pohonan, semak belukar, perdu, tumbuhan merambat, dan epifit (jenis tumbuhan anggrek yang hidup menempel pada tumbuhan lain).

d. Ekosistem hutan gugur

Ciri khas ekosistem hutan gugur adalah tumbuhannya sewaktu musim dingin, daun-daunnya meranggas. Bioma ini dapat dijumpai di Amerika Serikat, Eropa Barat, Asia Timur, dan Chili. Sandika (2021) menjelaskan ciri-ciri ekosistem hutan gugur memiliki curah hujan merata sepanjang tahun, 75 - 100 cm/tahun, memiliki 4 musim: musim panas, musim dingin, musim gugur dan musim semi, dan keanekaragaman jenis tumbuhan relatif rendah.

e. Ekosistem taiga/Konifer



Gambar 2.6 Ekosistem Konifer

Sumber: (*What Is a Coniferous Forest*, 2018)

Ekosistem taiga kebanyakan terdapat di daerah antara subtropika dengan daerah kutub, seperti di daerah Skandinavia, Rusia, Siberia, Alaska, dan Kanada. Ciri-ciri ekosistem taiga menurut Urry et al. (2020) diantaranya perbedaan antara

suhu musim panas dan musim dingin cukup tinggi, dan pada gambar 2.6 flora khususnya adalah pohon berdaun jarum atau pohon konifer, contoh *Pinus merkusii* (pinus). Keanekaragaman tumbuhan di bioma taiga rendah, vegetasinya nyaris seragam, dominan pohon-pohon konifer disebut hutan homogen.

f. Ekosistem tundra/Kutub



Gambar 2.7 Ekosistem Tundra

Sumber: (*Tundra Biome: Interesting Info About Its Plants and Animals*, 2012)

Ekosistem tundra terletak di kawasan lingkungan kutub utara sehingga iklimnya adalah iklim kutub. Istilah tundra berarti dataran tanpa pohon, vegetasinya didominasi oleh lumut dan lumut kerak, vegetasi lainnya adalah rumput-rumputan dan sedikit tumbuhan berbunga berukuran kecil. Ciri lainnya dari ekosistem tundra yaitu mendapat sedikit energi radiasi matahari, musim dingin sangat panjang dapat berlangsung selama 9 bulan dengan suasana gelap.

2.1.4.5.2. Ekosistem Perairan

a. Ekosistem Air Tawar

Smith & Smith (2015) menjelaskan air tawar merupakan air yang tidak mengandung banyak larutan garam dan larutan mineral di dalamnya. Ciri-ciri ekosistem air tawar diantaranya variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Macam tumbuhan yang terbanyak adalah jenis ganggang. Serta, hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar. Contoh ekosistem air tawar yaitu danau dan sungai.

b. Ekosistem Air Laut

Laut merupakan suatu genangan air mengandung garam yang sangat luas dan dalam. Asril et al. (2022) menjelaskan ciri-ciri ekosistem air laut sebagai berikut:

- 1) Memiliki kadar mineral yang tinggi, namun kadar garam di laut bervariasi, ada yang tinggi (seperti di daerah tropika) dan ada yang rendah (di laut beriklim dingin).
- 2) Ekosistem air laut tidak dipengaruhi oleh iklim dan cuaca
- 3) Didominasi oleh NaCl hingga mencapai 75%

Sandika (2021) membagi ekosistem air laut berdasarkan kedalamannya, diantaranya yaitu litoral merupakan daerah yang berbatasan dengan darat. Neretik, merupakan daerah yang masih dapat ditembus cahaya matahari sampai bagian dasar dalamnya ± 300 m. Batial merupakan daerah yang dalamnya berkisar antara 200-2500 m, serta abisal merupakan daerah yang lebih jauh dan lebih dalam dari pantai (1.500- 10.000 m).

c. Ekosistem Estuari

Estuari merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut (Asril et al., 2022). Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam. Ekosistem estuari memiliki produktivitas yang tinggi dan kaya akan nutrisi. Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan.

d. Ekosistem Pantai

Ekosistem pantai dikenal sebagai salah satu jenis ekosistem yang unik sebab mencakup tiga unsur yakni tanah di daratan, air di lautan dan juga udara. Pantai merupakan pertemuan antara ekosistem daratan dan juga ekosistem akuatik. Ekosistem pantai sangat dipengaruhi oleh siklus harian arus yang pasang dan surut. Dengan demikian, flora dan fauna yang bisa bertahan di pantai adalah mereka yang bisa beradaptasi dengan cara melekat ke substrat keras agar tidak terhempas gelombang.

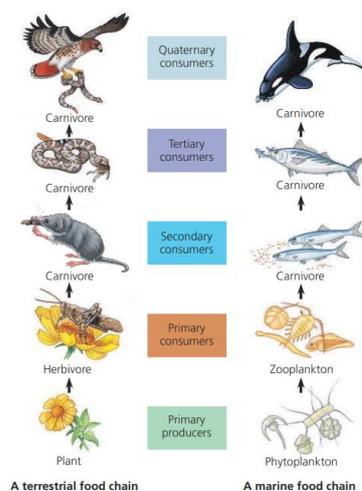
2.1.4.5.3. Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan merupakan suatu ekosistem yang terbentuk berkat rekayasa manusia dalam tujuannya untuk mencukupi kebutuhan hidup yang semakin hari semakin meningkat. Ekosistem buatan ini memperoleh subsidi energi dari luar dan baik itu tanaman maupun hewan akan memperoleh pengaruh besar

dari manusia oleh karena itu bisa dikatakan keanekaragamannya sangat rendah. Ada banyak contoh ekosistem buatan yang direkayasa manusia, antara lain ekosistem bendungan, ekosistem tanaman produksi misalnya hutan jati dan atau hutan pinus, ekosistem sawah irigasi, ekosistem perkebunan, ekosistem tambak, dan ekosistem ladang.

2.1.4.6. Aliran Energi dalam Ekosistem

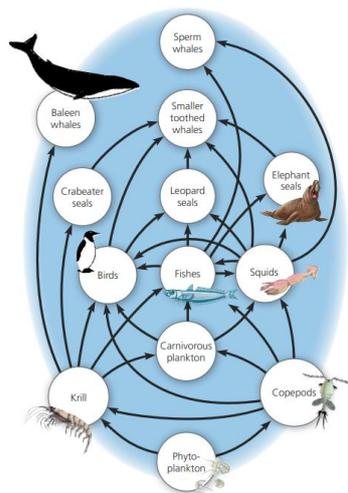
Aliran energi merupakan rangkaian urutan pemindahan bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain dimulai dari sinar matahari lalu ke produsen, konsumen primer, konsumen tingkat tinggi, sampai ke saproba di dalam tanah. Siklus ini berlangsung dalam ekosistem. Rantai makanan merupakan perpindahan materi dan energi melalui proses makan dan dimakan dengan urutan tertentu (Sandika, 2021). Tiap tingkat dari rantai makanan disebut tingkat trofi atau taraf trofi. Maknun (2017) menjelaskan organisme pertama yang mampu menghasilkan zat makanan adalah tumbuhan maka tingkat trofi pertama selalu diduduki tumbuhan hijau sebagai produsen. Tingkat selanjutnya adalah tingkat trofi kedua, terdiri atas hewan pemakan tumbuhan (herbivora) yang biasa disebut konsumen primer. Hewan pemakan konsumen primer merupakan tingkat trofi ketiga atau konsumen primer sekunder, terdiri atas hewan-hewan karnivora dan seterusnya. Organisme yang menduduki tingkat tropik tertinggi disebut konsumen puncak. Setiap pertukaran energi dari satu tingkat trofi ke tingkat trofi lainnya, sebagian energi akan hilang.



Gambar 2.8 Rantai Makanan di Darat dan di Laut

Sumber: (Urry et al., 2020)

Hubungan saling makan-memakan umumnya menjalin menjadi jaring-jaring makanan. Dalam jaring-jaring makanan terdapat berbagai jenis hubungan antar spesies, seperti bersaing dengan spesies lain dalam mendapatkan makanan (kompetisi), ada juga spesies yang dapat hidup berdampingan dengan baik dengan spesies lain (Jabar et al., 2021).



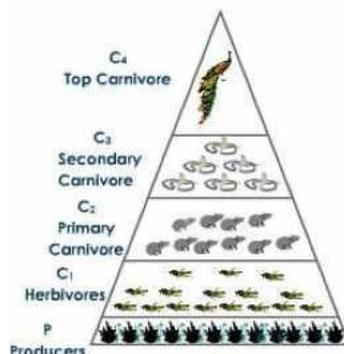
Gambar 2.9 Jaring-jaring Makanan

Sumber: (Urry et al., 2020)

2.1.4.7. Piramida Ekologi

Hubungan organisme pada tingkat trofik ekosistem digambarkan dalam bentuk piramida. Piramida ekologi merupakan piramida yang menunjukkan hubungan struktur trofik dan fungsi trofik komponen-komponen biotik ekosistem. Di dalam piramida ekologi produsen (tingkat trofik I) selalu berada di bagian dasar piramida. Konsumen primer (tingkat trofik II) berada tepat di atas produsen dan konsumen sekunder (tingkat trofik III) berada di bagian atas konsumen primer. Piramida ekologi berdasarkan fungsinya dibedakan menjadi 3, yaitu piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.

2.1.4.7.1. Piramida Jumlah

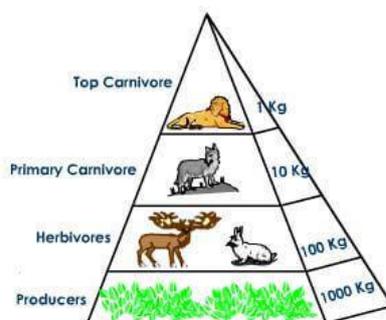


Gambar 2.10 Piramida Jumlah

Sumber: (*Energy Flow through an Ecosystem: Ecological Pyramids*, 2019)

Piramida jumlah menunjukkan jumlah relatif organisme pada suatu area dengan melihat hubungan antara predator dan mangsanya. Pelopor teori ini adalah Charles Elton (ahli ekologi Inggris) pada abad ke 20. Jumlah organisme dihitung dalam satuan luas area tertentu. Sandika (2021) menjelaskan bahwa semakin tinggi tingkat trofik organisme semakin sedikit jumlahnya di lingkungan. Organisme di tingkat trofik pertama biasanya paling melimpah, sedangkan organisme di tingkat trofik kedua, ketiga, dan selanjutnya makin berkurang. Organisme di tingkat trofik pertama harus memiliki jumlah yang lebih banyak agar tidak terjadi penurunan populasi pada tingkat trofik selanjutnya. Dengan kata lain bahwa jumlah tumbuhan selalu lebih banyak daripada organisme herbivor, jumlah herbivor selalu lebih banyak daripada jumlah karnivor tingkat I, karnivor tingkat I juga selalu lebih banyak daripada karnivor tingkat II.

2.1.4.7.2. Piramida Biomassa

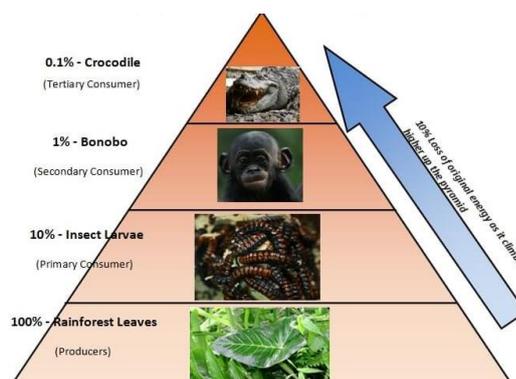


Gambar 2.11 Piramida Biomassa

Sumber: (*Energy Flow through an Ecosystem: Ecological Pyramids*, 2019)

Menurut Maknun (2017) piramida biomassa merupakan taksiran massa organisme (biomassa) yang mewakili tiap tingkat trofik pada waktu tertentu. Massa kering tiap individu dalam suatu ekosistem ditimbang dan dicatat. Ukuran yang digunakan biasanya menggunakan gram (massa kering organisme) per satuan luas (gr/m^2 atau kg/ha). Piramida biomassa dibuat berdasarkan massa total populasi organisme pada suatu waktu. Sandika (2021) menjelaskan fungsi dari piramida biomassa yaitu untuk menggambarkan perpaduan massa seluruh organisme di habitat tertentu dan diukur dalam gram. Untuk menghindari kerusakan habitat maka biasanya hanya diambil sedikit sampel dan diukur, kemudian total seluruh biomassa dihitung.

2.1.4.7.3. Piramida energi



Gambar 2.12 Piramida Energi

Sumber: (*Energy Flow through an Ecosystem: Ecological Pyramids*, 2019)

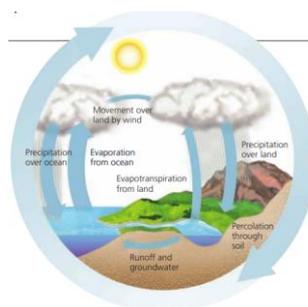
Piramida energi menggambarkan hubungan tiap organisme pada tingkatan trofik sesuai perpindahan energi yang dimulai dari produsen hingga konsumen puncak. Piramida energi mampu memberikan gambaran paling akurat tentang aliran energi dalam ekosistem (Sandika, 2021). Aliran energi yang diterima setiap kelompok trofik akan mengalami penurunan pada tiap kelompok trofik selanjutnya. Dengan demikian, tiap kelompok trofik akan membentuk semacam piramida dengan produsen sebagai penerima dan pemilik energi terbesar diikuti kelompok trofik berikutnya.

2.1.4.8. Daur Biogeokimia

Daur biogeokimia merupakan siklus yang melibatkan senyawa kimia untuk berpindah tempat melalui organisme sebagai perantara kemudian senyawa kimia

tersebut akan kembali ke lingkungan fisik. Fungsi daur biogeokimia yaitu sebagai siklus materi dengan melibatkan semua unsur kimia yang sudah terpakai oleh komponen biotik maupun abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi tetap terjaga (Maknun, 2017). Beberapa siklus unsur atau zat kimia yang penting antara lain siklus air, karbon, nitrogen, fosfor, dan belerang.

2.1.4.8.1. Siklus Air

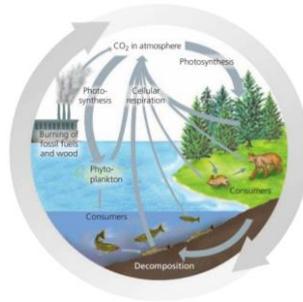


Gambar 2.13 Siklus Air

Sumber: (Urry et al., 2020)

Siklus air atau siklus hidrologi merupakan sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi (Widodo et al., 2021). Siklus air diawali dengan sinar matahari menghangatkan permukaan air laut maupun permukaan air lainnya yang menyebabkan air menguap dan es menyublim, berubah menjadi gas. Proses yang dipengaruhi oleh matahari secara tidak langsung memindahkan air ke atmosfer sehingga terkumpul membentuk gumpalan awan dan jatuh sebagai presipitasi, hujan dan salju. Saat air hujan mencapai bumi terdapat beberapa hal yang terjadi yaitu menguap kembali, mengalir di atas permukaan, atau meresap ke dalam tanah menjadi air tanah.

2.1.4.8.2. Siklus Karbon

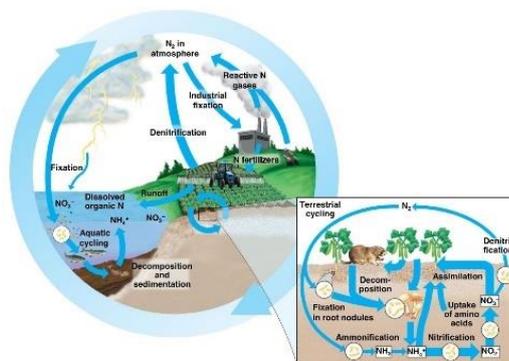


Gambar 2.14 Siklus Karbon

Sumber: (Urry et al., 2020)

Karbon terdapat diatmosfer dalam bentuk CO₂. CO₂ bisa bertambah dari hasil pembakaran fosil, pabrik, kendaraan, dan ekspirasi pernafasan. Sandika (2021) menjelaskan CO₂ dimanfaatkan untuk fotosintesis. Fotosintesis terjadi ditumbuhan, karbon CO₂ anorganik diubah menjadi glukosa. Glukosa akan disimpan oleh tumbuhan serta makhluk hidup lain yang memakan tumbuhan akan menyimpan karbon organik. Selanjutnya, karbon tersebut akan digunakan untuk respirasi. Fotosintesis selain menghasilkan karbon organik juga menghasilkan oksigen yang akan digunakan kembali untuk respirasi. Kemudian, ketika hewan dan tumbuhan mati akan mengalami dekomposisi atau penguraian. Proses penguraian tersebut akan menghasilkan gas CO₂. Karbon yang terdapat dalam tubuh organisme mati tersebut akan kembali diuraikan di dalam tanah. Sebagian ada yang sulit terurai dan ada yang berubah menjadi minyak bumi dan batubara.

2.1.4.8.3. Siklus Nitrogen

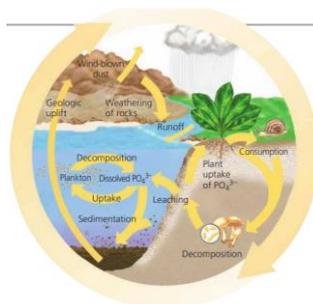


Gambar 2.15 Siklus Nitrogen

Sumber: (Urry et al., 2020)

Siklus nitrogen merupakan suatu proses konversi senyawa yang mengandung unsur nitrogen menjadi berbagai macam bentuk kimiawi yang lain (Widodo et al., 2021). Proses siklus nitrogen menurut Sandika (2021) yaitu diawali dengan gas NH_3 akan diserap oleh tumbuhan maupun mikroorganisme untuk membentuk protein. Di dalam tanah NH_3 mengalami nitrifikasi, nitrifikasi merupakan perubahan NH_3 menjadi nitrit (NO_2). Selanjutnya, diubah oleh *Nitrobacter* menjadi senyawa anorganik yang mengandung nitrat (NO_3). Kemudian, NO_3 akan diserap oleh tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang, salah satunya untuk membentuk protein. Di sisi lain, NO_3 dapat berubah kembali menjadi gas N_2 dan kembali ke udara (proses denitrifikasi) akibat aktivitas bakteri denitrifikasi yakni *Pseudomonas*.

2.1.4.8.4. Siklus Fosfor

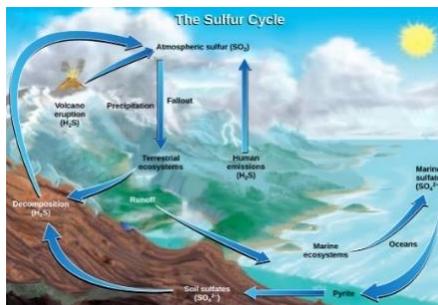


Gambar 2.16 Siklus Fosfor

Sumber: (Urry et al., 2020)

Fungsi fosfor bagi makhluk hidup dalam bentuk *Adenosin Tri Phosphate* (ATP) merupakan sumber energi bagi makhluk hidup. Fosfor terdapat di alam dalam bentuk ion fosfat (PO_4^{3-}). Sandika (2021) menjelaskan adanya peristiwa erosi dan pelapukan menyebabkan fosfat terbawa menuju sungai hingga laut membentuk sedimen. Terjadinya pergerakan dasar bumi menyebabkan sedimen yang mengandung fosfat muncul ke permukaan. Di darat tumbuhan mengambil fosfat yang terlarut dalam air tanah. Herbivora mendapatkan fosfat dari tumbuhan yang dimakannya dan karnivora mendapatkan fosfat dari herbivora yang dimakannya. Seluruh hewan mengeluarkan fosfat melalui urin dan feses. Bakteri dan jamur mengurai bahan-bahan anorganik di dalam tanah lalu melepaskan pospor kemudian diambil oleh tumbuhan.

2.1.4.8.5. Siklus belerang/sulfur



Gambar 2.17 Siklus Sulfur

Sumber: (*The Sulfur Cycle*, 2018)

Sulfur dapat berasal dari erupsi maupun pembakaran bahan bakar fosil asap. Sulfur dapat berupa gas hidrogen sulfida yang berasal dari pembusukan sisa-sisa organisme. Widodo et al. (2021) menjelaskan hidrogen sulfida akan mengalami oksidasi menjadi sulfat, sulfat bersama air hujan akan masuk ke dalam tanah. Ketika kandungan sulfat yang terlalu tinggi disebut dengan hujan asam. Selain itu, hidrogen sulfida yang ada didalam tanah bisa mengalami oksidasi menjadi sulfur. Selanjutnya, akan teroksidasi menjadi sulfat oleh bakteri *Thiobacillus thiooxidans* dan bisa mnejadi tereduksi kembali menjadi hidrogen sulfida dengan bantuan *Thiobacillus thioparus*.

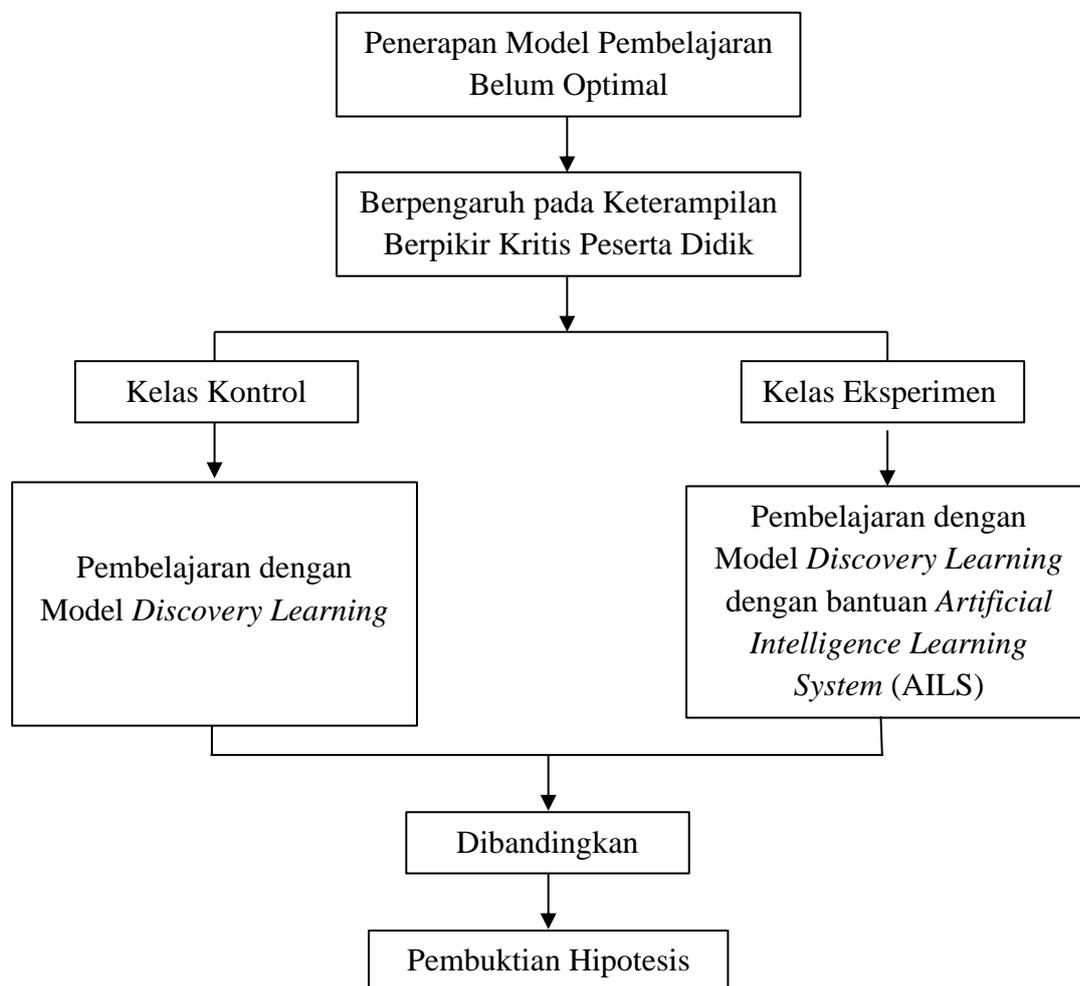
2.2. Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Wulandari (2019), untuk mengetahui keterampilan berpikir kritis siswa dengan menggunakan model pembelajaran *discovery learning* diperoleh nilai rata-rata *pretest* pada kelas kontrol tidak berbeda jauh dengan kelas eksperimen dengan selisih nilai rata-rata sebesar 2,59. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa dari kedua kelas tersebut masih tergolong rendah. Kemudian, setelah diberi perlakuan dilakukan tes akhir (*posttest*) dengan nilai rata-rata pada kelas eksperimen sebesar 75,64 sedangkan kelas kontrol sebesar 71,91. Berdasarkan nilai rata-rata *posttest*, menandakan bahwa model *discovery learning* yang diterapkan dalam penelitian tersebut menghasilkan peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil tes pada indikator keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah diberi

perlakuan model *Discovery Learning* menunjukkan adanya perbedaan nilai yang signifikan. Artinya, terdapat pengaruh penerapan model *Discovery Learning* terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Kemudian, hasil penelitian Anggraeni & Sunarmi (2022) bahwa penerapan model pembelajaran *discovery learning* sangat efektif apabila diterapkan pada pembelajaran Biologi di jenjang SMA karena dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Penelitian Diantama (2023) menjelaskan bahwa perkembangan teknologi telah membawa perubahan besar dalam bidang pendidikan. Aplikasi *artificial intelligence* yang semakin populer yaitu *Chat GPT*. Pemanfaatan *Chat GPT* di bidang pendidikan yaitu memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas pembelajar karena menyediakan akses informasi dan materi yang lebih luas dan lebih mudah dipahami. Penelitian relevan lainnya terkait penggunaan *artificial intelligence* dalam proses pembelajaran dapat melatih dan menjadikan peserta didik di sekolah menjadi individu yang memiliki kepribadian berpikir kritis dan responsif (Rulyansah et al., 2022).

2.3. Kerangka Konseptual



Gambar 2.18 Kerangka Konseptual

Karakteristik pembelajaran di abad 21 yaitu menuntut peserta didik aktif dalam proses pembelajaran atau *student center*. Pembelajaran berpusat pada peserta didik bertujuan untuk mempersiapkan peserta didik dalam menghadapi berbagai tantangan abad 21. Tantangan nyata bidang pendidikan di abad 21 yaitu menghasilkan sumber daya manusia yang memiliki keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreatif, komunikasi, dan kolaborasi. Salah satu keterampilan abad 21 yang penting untuk dimiliki oleh peserta didik yaitu keterampilan berpikir kritis.

Keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran biologi masih tergolong rendah karena dalam pelaksanaan pembelajaran yang terjadi cenderung masih mengasah aspek mengingat dan memahami. Proses pembelajaran berpusat pada

pendidik dengan banyak menjelaskan materi secara langsung. Kebiasaan peserta didik menerima langsung materi, ketika dihadapkan untuk mencari sumber informasi secara mandiri mereka mengalami kesulitan. Sehingga informasi yang didapatkan langsung diterima peserta didik tanpa melalui proses berpikir apakah informasi tersebut benar atau tidak. Hal ini menunjukkan perlu adanya pengembangan keterampilan berpikir kritis pada peserta didik.

Kemampuan berpikir kritis peserta didik dapat ditingkatkan dengan menerapkan pembelajaran yang memungkinkan peserta didik mengambil peran aktif dalam proses belajar dan berpusat pada peserta didik (*student-centered*) sehingga memberikan kebebasan berpikir dan keleluasaan bertindak kepada peserta didik dalam memahami pengetahuan. Salah satu model pembelajaran yang berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik yaitu model pembelajaran berbasis penemuan atau *discovery learning*. Model *discovery learning* menuntut peserta didik untuk mencari berbagai informasi secara mandiri.

Selain itu, di era teknologi pendidik dan peserta didik perlu menyesuaikan diri terhadap perkembangan teknologi yang bertujuan untuk memberikan kemudahan pada peserta didik dalam penerapan pembelajaran. Teknologi pada *artificial intelligence* dapat memproses banyak informasi serta data yang dibutuhkan dalam waktu relatif singkat dan cepat. Maka diharapkan *artificial intelligence* yang digunakan dalam sistem pembelajaran atau *learning system* dapat membuat peserta didik di sekolah menjadi individu yang memiliki keterampilan berpikir kritis. Berdasarkan uraian tersebut, diduga ada pengaruh model *Discovery Learning* berbantuan *Artificial Intelligence Learning System* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran biologi di kelas X MIPA SMA Negeri 5 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2022/2023.

2.4. Hipotesis Penelitian

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

H_a : Terdapat pengaruh penerapan *Discovery Learning* (DL) berbantuan *Artificial Intelligence Learning System* (AILS) terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran biologi di Kelas X MIPA SMA Negeri 5 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2022/2023.