

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Kemampuan Argumentasi Ilmiah

a. Definisi Kemampuan Argumentasi Ilmiah

Argumen merupakan pembenaran yang diberikan untuk mendukung pernyataan dan memperjelas gagasan (Toulmin, 2003). Argumen merupakan inti dari sains mengenai kesesuaian desain eksperimen, interpretasi bukti, dan validitas klaim pengetahuan yang dapat mendorong reflektivitas, pengembangan pengetahuan, dan nilai-nilai peserta didik (Erduran et al., 2004). Argumen merupakan pembenaran kesimpulan yang tidak pasti melalui klaim yang didukung oleh data dan frasa penghubung untuk menjelaskan data dalam mendukung klaim tersebut (Osborne & Patterson, 2011). Argumentasi merupakan pembenaran suatu klaim dengan menggunakan bukti dan penalaran dalam membujuk atau meyakinkan orang lain yang mencakup kritik terhadap berbagai penjelasan dan penggunaan bukti (McNeill, 2011).

Berargumentasi merupakan proses berpikir untuk menyampaikan suatu klaim atau pendapat yang didukung oleh bukti-bukti yang dapat dipertanggungjawabkan secara logis dan sesuai dengan teori atau konsep yang tepat (Miaturohmah & Fadly, 2020). Ilmiah bersifat logis dan sistematis untuk mencari jawaban dan kebenaran akan suatu hal (Rahman, 2021). Kemampuan argumentasi ilmiah merupakan kecakapan yang dimiliki individu untuk menyampaikan argumen terkait dengan suatu fenomena ilmiah melalui cara yang sistematis dan logis (Novanda et al., 2024). Argumentasi ilmiah merupakan suatu proses menyampaikan klaim, mendukungnya dengan bukti, dan menganalisis secara tajam suatu masalah atau fenomena yang ada (Darnaningrum et al., 2024).

Berdasarkan pengertian di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah merupakan suatu kecakapan yang dimiliki seseorang untuk menyampaikan pernyataan yang didukung oleh bukti-bukti atau alasan yang bersifat faktual, objektif, logis, sistematis, dan dapat dipertanggungjawabkan terkait suatu masalah atau fenomena ilmiah dengan tujuan

untuk membenarkan suatu klaim sehingga dapat meyakinkan dan memengaruhi orang lain.

b. Urgensi Kemampuan Argumentasi Ilmiah

Kemampuan argumentasi ilmiah penting bagi peserta didik untuk menyampaikan pendapat atau ide, membuat keputusan, dan memecahkan *socio-scientific issues* dalam kehidupan sehari-hari (Songsil et al., 2019). Kemampuan argumentasi ilmiah dapat mendorong kemampuan peserta didik dalam berpikir kritis, refleksi, dan evaluasi bukti-bukti serta dapat mendukung tercapainya tujuan pembelajaran (Bathgate et al., 2015; Katsh-Singer et al., 2016). Argumentasi ilmiah memainkan peran penting dalam berpikir kritis dan pemahaman mendalam tentang isu-isu kompleks yang diperlukan bagi peserta didik agar menjadi kompeten dalam bidangnya dan mampu berpartisipasi dalam berbagai diskusi publik sebagai anggota masyarakat yang berdemokrasi (Deane & Song, 2014).

Kemampuan argumentasi ilmiah sangat penting untuk dilatihkan dan ditingkatkan dalam pembelajaran dalam rangka meningkatkan keterampilan yang dituntut pada pembelajaran abad 21 dan mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi revolusi industri 4.0 (Anita et al., 2019). Kemampuan argumentasi ilmiah dapat membantu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi efektif yang diperlukan pada abad 21 (Suganda et al., 2021). Argumentasi ilmiah berperan penting dalam pembelajaran sains dan memiliki dua fungsi yaitu membantu peserta didik cara berpikir ilmiah dengan menghubungkan pengetahuan tentang konsep-konsep ilmiah yang dimilikinya dan membantu terbentuknya pemikiran dan penalaran ilmiah dengan baik (Erduran et al., 2005). Argumentasi ilmiah dapat melatih keterampilan berpikir kritis dengan menuntut peserta didik dalam memahami masalah (Giri & Paily, 2020), menyelesaikan tugas pembelajaran sehingga dapat meningkatkan hasil belajar (Noroozi et al., 2020), serta mengembangkan penalaran ilmiah (Nussbaum, 2021).

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah sangat penting dimiliki oleh peserta didik dan dilatihkan khususnya dalam pembelajaran sains karena dapat meningkatkan penalaran ilmiah, meningkatkan hasil belajar, mengembangkan keterampilan berpikir kritis,

memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari, dan komunikasi efektif yang termasuk keterampilan penting untuk dimiliki pada abad 21 dalam menghadapi revolusi industri 4.0.

c. **Komponen Argumentasi Ilmiah**

Pola argumentasi atau kerangka argumentasi sebagai dasar perspektif teoritis terhadap argumentasi ilmiah diusulkan pertama kali oleh Toulmin pada tahun 1958 (Irvan & Admoko, 2020). Terdapat enam komponen dalam pola argumentasi Toulmin yaitu *claim* (klaim), *data* (data), *warrant* (jaminan), *backing* (dukungan), *rebuttal* (sanggahan), dan *qualifier* (penguatan). Komponen utama yang ada pada argumentasi yaitu komponen yaitu *claim* (klaim), *data* (data), *warrant* (jaminan), dan *backing* (dukungan). Sedangkan komponen *rebuttal* (sanggahan) dan *qualifier* (penguatan) hanya digunakan ketika dibutuhkan (Toulmin, 2003). Adapun penjelasan setiap komponen sesuai dengan buku *The Use of Argument* karangan Toulmin adalah sebagai berikut.

- 1) *Claim* (klaim), merupakan tahap awal yang harus dinyatakan dengan jelas. Klaim berupa pernyataan atau kesimpulan yang disampaikan untuk dibuktikan dalam suatu argumen. Contohnya adalah “Harry adalah warga negara Inggris.”
- 2) *Data* (data), merupakan fakta-fakta yang diajukan sebagai dasar untuk pengajuan klaim. Data yang diajukan harus dapat menjawab pertanyaan “apa (data) yang kamu miliki?”. Data harus relevan dan akurat untuk menguatkan argumen. Contohnya “Harry lahir di Bermuda.”
- 3) *Warrant* (jaminan), merupakan alasan data-data yang digunakan dapat mendukung klaim. Jaminan dapat menjadi jembatan antara data dan klaim. Jaminan merupakan pembenaran dari data yang diajukan. Jaminan harus dapat menjawab pertanyaan “bagaimana data dapat mendasari klaim?”. Contohnya “seseorang yang lahir di Bermuda akan menjadi warga negara Inggris.”
- 4) *Backing* (dukungan), merupakan alasan atau informasi tambahan yang digunakan untuk membenarkan *warrant* (jaminan). Dukungan dapat memberikan alasan lebih lanjut tentang prinsip atau aturan tertentu digunakan dalam argumen. Contohnya “... sesuai dengan undang-undang yang berlaku di wilayah tersebut.”

- 5) *Rebuttal* (sanggahan), merupakan keadaan atau pengecualian yang dapat membatalkan klaim meskipun data dan jaminan mendukung klaim. Contohnya “Kecuali jika kedua orang tuanya adalah orang asing/Harry telah dinaturalisasi menjadi warga negara Amerika.”
- 6) *Qualifier* (penguatan), merupakan kata yang ditambahkan sebelum klaim untuk membatasi atau memodifikasi klaim. Penguatan menunjukkan bahwa klaim tidak sepenuhnya benar secara mutlak. Contohnya “diduga (*qualifier*), Harry adalah warga negara Inggris (*claim*).”

Penelitian mengenai argumentasi dengan mengacu pada pola argumentasi Toulmin telah banyak dilakukan. Namun, pola tersebut dinilai sulit untuk diterapkan pada peserta didik di sekolah menengah (McNeill et al., 2006). Oleh karena itu McNeill et al. (2006), mengembangkan pola argumentasi Toulmin menjadi lebih sederhana yang terdiri dari komponen *claim* (klaim), *evidence* (bukti), dan *reasoning* (alasan). Adapun penjelasan setiap komponen yang dijelaskan oleh McNeill et al. (2006) adalah sebagai berikut.

- 1) *Claim*, merupakan kesimpulan atau pernyataan untuk menjawab pertanyaan awal.
- 2) *Evidence*, merupakan data ilmiah yang mendukung klaim. Data tersebut harus sesuai dan cukup untuk mendukung klaim. Data yang sesuai adalah data yang relevan dengan masalah dan memungkinkan untuk mendukung klaim. Data yang cukup mengacu pada penyediaan data yang diperlukan untuk meyakinkan seseorang tentang klaim yang diajukan.
- 3) *Reasoning*, merupakan pembenaran yang menghubungkan klaim dan bukti serta menunjukkan alasan data tersebut dianggap sebagai bukti untuk mendukung klaim dengan menggunakan prinsip-prinsip ilmiah yang sesuai dan memadai. *Reasoning* adalah proses seseorang menerapkan pengetahuan sains untuk memecahkan masalah.

d. Upaya Meningkatkan Kemampuan Argumentasi Ilmiah

Salah satu upaya dalam meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik adalah dengan menerapkan pembelajaran berbasis *socio scientific issues* yang mengandung masalah aspek sosial dan harus dipelajari oleh peserta

didik (Siska et al., 2020). Model pembelajaran berbasis masalah merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah (Noviyanti et al., 2019). Selain itu, kemampuan argumentasi ilmiah dapat ditingkatkan dengan menerapkan pembelajaran kolaboratif yang menuntut peserta didik untuk dapat bertukar pikiran dan juga dapat membangun pengetahuan baru dari ide orang lain (Riwayani et al., 2019). Metode pembelajaran secara *brainstroming* (tukar pikiran) dapat melatih kemampuan argumentasi peserta didik dengan cara memunculkan ide dan solusi dalam bentuk argumen (Saraswati, 2020). Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah dapat ditingkatkan melalui pembelajaran berbasis masalah yang menuntut peserta didik untuk dapat menyelesaikan masalah secara kolaboratif salah satunya dengan didukung metode pembelajaran secara *brainstorming* (tukar pikiran) sehingga dapat memunculkan ide dan solusi dalam bentuk argumen ilmiah.

Argumentasi ilmiah secara tertulis adalah dasar yang diperlukan untuk argumentasi lisan karena peserta didik dapat merefleksikan, mengadaptasi, dan menguraikan bukti, klaim, dan komponen argumentasi untuk pembelajaran yang lebih dalam (Morris et al., 2024). Penyampaian secara lisan dalam membangun argumen langsung dapat lebih sulit dibandingkan dengan membangun argumen secara tulis (Knight & McNeill, 2012). Argumentasi secara tertulis lebih cocok untuk digunakan dalam konteks pembelajaran di sekolah karena argumen yang diajukan bersifat kompleks, formal, dan ilmiah (Prabavathi & Nagasubramani, 2018). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa menyampaikan argumentasi secara tertulis lebih efektif dilakukan ketika pembelajaran karena argumentasi di sekolah bersifat kompleks, formal, dan ilmiah sehingga peserta didik dapat merefleksikan, mengadaptasi, dan menguraikan komponen argumentasi ilmiah dengan lebih mendalam.

2.1.2 Model Pembelajaran *RICOSRE* berbantuan *Miro*

a. Definisi Model Pembelajaran *RICOSRE*

Model pembelajaran *RICOSRE* diciptakan oleh Susriyati Mahanal dan Siti Zubaidah pada tahun 2017. Model pembelajaran ini merupakan pengembangan dari model pembelajaran berbasis masalah yang telah dikembangkan oleh beberapa ahli,

seperti Jhon Dewey, George Polya, Stephen Krulik dan Jesse Rudnick, serta *Program of Actions and Methods* (Mahanal & Zubaidah, 2017). *RICOSRE* merupakan model pembelajaran berbasis pada masalah, sehingga langkah-langkah pada model ini dirancang untuk mengembangkan keterampilan peserta didik dalam proses identifikasi masalah sampai pada tahap pemecahan masalah (Rahmawati et al., 2021). Model pembelajaran *RICOSRE* dapat mempersiapkan peserta didik untuk menjadi pemecah masalah yang handal dengan melibatkan peserta didik dalam latihan pemecahan masalah yang sistematis dan terarah (Mahanal et al., 2022). Model pembelajaran ini memiliki tujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir peserta didik agar mampu memecahkan masalah kontekstual yang disajikan (Azzahra et al., 2024).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *RICOSRE* merupakan sebuah pengembangan dari model pembelajaran berbasis pada masalah yang bertujuan untuk melatih peserta didik dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan masalah secara sistematis dan terarah sehingga dapat membekali mereka dengan keterampilan pemecahan masalah yang untuk menghadapi permasalahan kontekstual sebagai tantangan di masa depan.

b. Sintaks Model Pembelajaran *RICOSRE*

RICOSRE merupakan akronim dari sintaks model pembelajarannya yang terdiri dari *reading* (membaca), *identifying the problem* (identifikasi masalah), *construction the solution* (membangun solusi), *solving the problem* (menyelesaikan masalah), *reviewing the solution* (meninjau kembali solusi), dan *extending the solution* (memperluas solusi). Adapun penjelasan pada setiap sintaks menurut Mahanal et al. (2022) adalah sebagai berikut.

- 1) *Reading* (membaca) merupakan tahap pertama dalam model pembelajaran *RICOSRE*. Melalui tahap ini, model pembelajaran *RICOSRE* memungkinkan peserta didik untuk memperoleh informasi karena membaca merupakan kegiatan penting untuk memperoleh informasi.
- 2) *Identifying the problem* (mengidentifikasi masalah) merupakan tahapan peserta didik untuk mengidentifikasi masalah secara sistematis. Masalah yang

didefinisikan dengan baik dapat memengaruhi kuantitas, kualitas, daya cipta, dan jenis solusi yang disajikan. Pada tahap ini, peserta didik menuangkan masalah yang telah diidentifikasi pada platform miro.

- 3) *Constructing the solution* (membangun solusi) merupakan tahapan peserta didik menghasilkan berbagai ide solusi pemecahan masalah yang sesuai. Beberapa strategi seperti *brainstorming* (curah pendapat), survei, diskusi kelompok, dan lainnya dapat digunakan untuk membangun solusi. Pada tahap ini dapat dibantu dengan platform *brainstorming* yaitu *miro* yang membuat peserta didik mengumpulkan ide solusi pada catatan tempel digital (*sticky notes*).
- 4) *Solving the problem* (menyelesaikan masalah) merupakan tahapan peserta didik memilih solusi yang dianggap paling efektif dari berbagai ide solusi yang dihasilkan pada tahap membangun solusi. Peserta didik dapat mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan solusi yang telah dirancang yang kemudian dapat menandai ide solusi pada catatan tempel digital (*sticky notes*) *miro* yang paling efektif.
- 5) *Reviewing the solution* (meninjau kembali solusi) merupakan tahapan peserta didik mengomunikasikan solusi yang telah dipilih untuk mendapatkan tanggapan dari peserta didik lainnya. Peserta didik dapat memberikan tanggapan atau komentar pada catatan tempel digital (*sticky notes*) *miro* kelompok lain.
- 6) *Extending the solution* (memperluas solusi) merupakan tahapan terakhir model pembelajaran ini. Peserta didik pada tahap ini mengevaluasi kegunaan dari ide pemecahan masalah yang dipilih. Strategi lainnya yang lebih efektif dapat dipertimbangkan oleh peserta didik serta menggeneralisasikan temuan mereka untuk menangani masalah serupa.

c. Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran *RICOSRE*

1) Kelebihan Model Pembelajaran *RICOSRE*

Model pembelajaran *RICOSRE* memfasilitasi keterlibatan peserta didik secara aktif dalam proses pembelajaran (Mahanal & Zubaidah, 2017). Selain itu, sintaks model pembelajaran ini dapat membantu peserta didik mengembangkan pemahaman bacaan dan memotivasi mereka untuk mengatasi kesulitan dengan

menghasilkan solusi yang berkualitas sehingga dapat mempersiapkan mereka untuk memecahkan masalah di masa depan (Mahanal et al., 2022). Salah satu tahapan dalam model pembelajaran *RICOSRE* mengarahkan peserta didik untuk terlibat dalam kegiatan membaca yang dapat memicu rasa ingin tahu dan mendorong mereka untuk bertindak dan berpikir dengan cara-cara baru (Badriah et al., 2023). Model pembelajaran *RICOSRE* bermanfaat untuk mendorong proses kognitif peserta didik melalui pemecahan masalah (Azzahra et al., 2024). Dibandingkan dengan model pembelajaran berbasis masalah lainnya, membaca dan memperluas solusi pada sintaks *RICOSRE* dapat membangun pengetahuan awal peserta didik untuk berargumentasi dan merefleksikan kembali solusi yang telah dibuat (Rohayati et al., 2020).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *RICOSRE* memiliki beberapa kelebihan diantaranya pada tahap membaca dan memperluas solusi dapat mendorong peserta didik secara aktif mengembangkan pemahaman terhadap suatu bacaan yang dapat memicu rasa ingin tahu dan berpikir dengan cara-cara baru sebagai pengetahuan awal untuk berargumentasi serta dapat merefleksikan kembali solusi yang dibuat untuk menyelesaikan masalah sehingga mereka dapat menghasilkan solusi yang berkualitas untuk memecahkan masalah di masa depan.

2) Kekurangan Model Pembelajaran *RICOSRE*

Menurut Sanjaya dalam Azzahra et al., (2024) menyebutkan bahwa kelemahan model pembelajaran *RICOSRE* salah satunya motivasi atau inisiasi belajar peserta didik dapat terhambat jika mereka merasa sulit untuk memecahkan masalah yang disajikan. Model ini dapat menimbulkan ketertarikan peserta didik yang rendah dan memerlukan alokasi waktu yang lama untuk dapat menyelesaikan masalah yang ada (Nurhayati, 2024). Hal itu sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aprilisa (2023) menunjukkan implementasi model pembelajaran *RICOSRE* membutuhkan alokasi waktu yang cukup lama.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa selain memiliki kelebihan, model pembelajaran *RICOSRE* juga memiliki kekurangan yaitu dapat menimbulkan ketertarikan dan inisiasi belajar peserta didik yang kurang serta

membutuhkan waktu yang lama dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, guru dituntut untuk mengatur strategi yang dapat memicu antusiasme peserta didik dan juga harus mengatur waktu agar pembelajaran dapat berjalan optimal, seperti menggunakan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi waktu dan keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran.

d. Definisi *Miro*

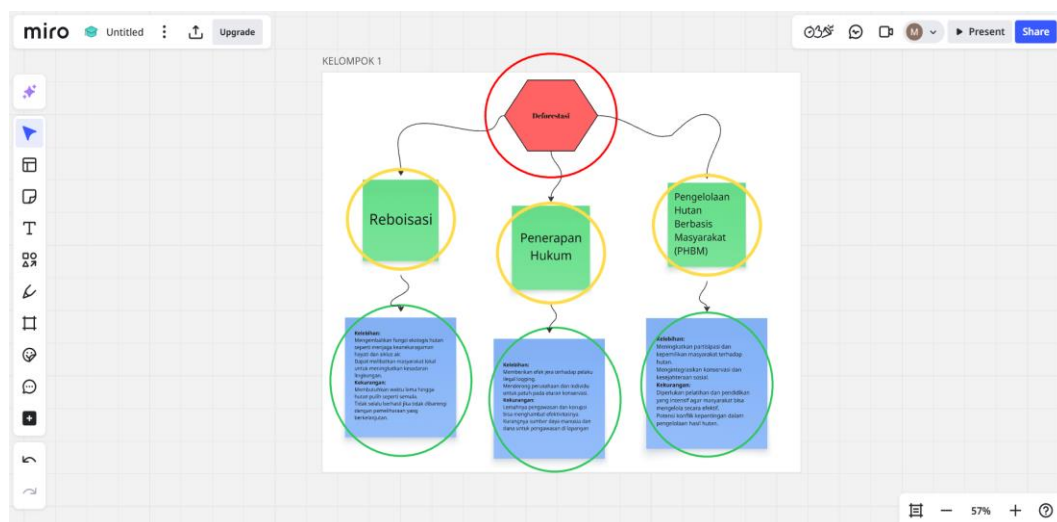
Miro dapat disebut juga papan tulis *online* yaitu salah satu alat yang memungkinkan peserta didik berbagi ide dan bertukar informasi secara langsung antar peserta didik maupun dengan guru (Chan et al., 2023). *Miro* merupakan *platform* papan tulis kolaboratif *online* yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan ide dan memungkinkan peserta didik untuk bekerjasama secara efektif, seperti *brainstorming* dengan catatan tempel digital hingga merencanakan dan mengelola tugas dengan baik (Allah, 2023).

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa *miro* merupakan *platform* papan tulis kolaboratif *online* yang dapat membantu peserta didik dalam memvisualisasikan ide dan informasi secara langsung, memfasilitasi kolaborasi secara efektif dalam *brainstorming* melalui catatan tempel digital dalam menyampaikan ide sehingga dapat mendorong partisipasi yang lebih aktif dalam proses pembelajaran.

e. Penggunaan *Miro* dalam Pembelajaran

Miro berfungsi sebagai papan tulis virtual yang memungkinkan peserta didik menggambar dan menulis sesuatu dalam proses pembelajaran (Magdalena & Septian, 2023). Secara umum, komponen yang terdapat dalam platform *miro* terdiri dari bingkai yang dapat memuat catatan tempel, teks, gambar, dan video (Latifah et al., 2022). Penggunaan *miro* sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran menggunakan beberapa fitur seperti catatan tempel atau *sticky notes* ditandai lingkaran merah menunjukkan masalah utama hasil identifikasi masalah pada literatur, catatan tempel yang ditandai lingkaran kuning menunjukkan solusi permasalahan, serta catatan tempel yang ditandai lingkaran hijau menunjukkan penjelasan mengenai solusi meliputi kelebihan, kekurangan, maupun penerapannya. Panah atau alur digunakan untuk menunjukkan hubungan antar

catatan tempel, seperti solusi masalah yang ditulis dan kelebihan serta kekurangannya (gambar 2.1). Hal ini membantu dalam meningkatkan daya tarik pembelajaran dan mendukung proses berpikir.



Gambar 2.1 Tampilan Platform Miro

Sumber: Dokumentasi pribadi

f. Kelebihan dan kekurangan *miro*

1) Kelebihan *miro*

Miro adalah pilihan yang tepat untuk mendukung kolaborasi antar peserta didik yang memberikan mereka ruang kerja untuk menghasilkan ide dan berbagi ide secara fleksibel (Chan et al., 2023). Sebagian peserta didik memiliki rasa takut untuk menyampaikan idenya secara lisan sehingga dengan adanya aplikasi digital papan visual *miro* peserta didik dapat merasa lebih nyaman dan terfasilitasi dalam menyampaikan pendapatnya (Peplaski et al., 2022). Penggunaan *miro* mendukung interaksi dan kolaborasi peserta didik terutama dalam kegiatan kerja kelompok karena guru dapat memantau langsung pekerjaan peserta didik (Allah, 2023). *Miro* dapat berguna dalam mengevaluasi keterlibatan dan sikap peserta didik selama di kelas (Phan et al., 2022).

Miro memiliki kelebihan yaitu dapat menambahkan teks, gambar, *sticky note*, *link*, dan dokumen digital dalam format *PDF* dan *Office* (Latifah et al., 2022). Selain itu, *Miro* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan platform papan tulis virtual lainnya, meliputi dari segi penyusunan, pengembangan, dan

evaluasi ide, serta komunikasi yang lebih lengkap dan beragam (Deckert et al., 2021). *Miro* merupakan platform berbasis *website* sehingga pengguna tidak perlu mengunduh dan menginstal aplikasi pada perangkat (Badriah et al., 2023).

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa *miro* memiliki beberapa kelebihan, yaitu dapat memberikan ruang kerja dalam kegiatan bertukar pikiran (*brainstroming*) secara kolaboratif, interaktif, fleksibel, dan memberikan kenyamanan dalam menyampaikan ide atau pendapat. Selain itu, *miro* memiliki beberapa fitur yang lebih unggul dan beragam dibanding papan tulis virtual lainnya serta memberikan kemudahan karena dapat diakses melalui platform tanpa perlu mengunduh dan menginstal aplikasi pada perangkat. Kelebihan tersebut diharapkan dapat mengatasi kekurangan model pembelajaran *RICOSRE* meliputi antusiasme peserta didik yang berpotensi rendah dan alokasi waktu yang terbatas.

2) Kekurangan *miro*

Terdapat beberapa kekurangan atau keterbatasan pada *miro*. Pengguna dapat kebingungan untuk menemukan *sticky notes* karena *board* atau area yang luas. Guru harus memerhatikan durasi kegiatan pada media ini dengan mempertimbangkan kelelahan mata dalam melihat layar *smartphone* (Allah, 2023). Selain itu, peserta didik kurang terbiasa dengan platform digital termasuk *miro*. Terdapat beberapa fitur pada *miro* yang tidak dapat diakses secara gratis, seperti *voting* dan *timer* serta hanya memungkinkan guru untuk membuat 3 papan (*board*) interaktif pada akun gratis (Phan et al., 2022).

Berdasarkan penjelasan tersebut, selain memiliki kelebihan, *miro* juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu berpotensi membuat peserta didik mengalami kelelahan mata dan kebingungan karena belum terbiasa dalam penggunaannya serta terdapat keterbatasan beberapa fitur pada akun gratis. Oleh karena itu, diperlukan penjelasan awal kepada peserta didik dalam penggunaan platform *miro* agar berjalan dengan waktu yang efektif. Selain itu, guru harus mampu memaksimalkan fitur-fitur gratis yang dapat digunakan peserta didik.

2.1.3 Deskripsi Materi Ekosistem

a. Pengertian Ekosistem

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh komponen hidup dan tak hidup di suatu tempat yang berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang teratur (Soemarwoto, 1994). Istilah ekosistem berasal dari kata *oikos* yang memiliki arti rumah sendiri dan *sistema* yang memiliki arti terdiri atas bagian-bagian yang utuh atau saling memengaruhi. Berdasarkan arti kata tersebut, ekosistem dapat diartikan sebagai sistem yang dibentuk di suatu daerah dan terjadi hubungan timbal balik antara komponen hidup (biotik) dan komponen tak hidup (abiotik) atau dengan lingkungannya. Menurut Herianto (2017) Ekosistem juga dapat didefinisikan sebagai berikut.

- 1) Suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara seluruh komponen lingkungan yang saling berinteraksi dan melengkapi sehingga terbentuk kesatuan yang sistematis.
- 2) Suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik yang tidak dapat dipisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
- 3) Suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling memengaruhi.

Ekosistem dapat diartikan sebagai suatu pemenuhan diri sendiri (*self-contained*) secara sebagian atau secara lengkap dari masa organisme, sebagai suatu bentuk keberadaan organisme dalam suatu area dengan lingkungan fisiknya, dan semua interaksi energetik serta siklus materi yang mengaitkan organisme satu dengan yang lainnya dan dengan lingkungannya (Putrawan, 2014). Ekosistem adalah kesatuan interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya (Yanuar, 2019).

b. Jenis-Jenis Ekosistem

Ekosistem di permukaan bumi bermacam-macam dan dikelompokkan berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki. Ekosistem dapat dibedakan berdasarkan letaknya dan berdasarkan asalnya. Pengelompokan ekosistem berdasarkan letak geografisnya dapat dibagi menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan (Yanuar, 2019).

1) Ekosistem Darat

Ekosistem darat memiliki lingkungan fisik berupa daratan. Ekosistem utama dunia disebut bioma yang seringkali diklasifikasikan berdasarkan vegetasi yang mendominasi dan dicirikan oleh adaptasi-adaptasi organisme yang khas pada lingkungan tersebut (Campbell et al., 2010). Terdapat tujuh macam bioma yang ada di bumi, diantaranya sebagai berikut.

a) Bioma Tundra

Bioma tundra terletak di lingkaran arktik berupa daratan yang sangat dingin. Pada musim dingin, bioma ini hanya mendapat sedikit sinar matahari dan angin berhembus serta salju menutupi tanah. Musim dingin terasa panjang dengan suhu rata-rata -30° dan musim panas berjangka pendek dengan suhu rata-rata di bawah 10°C (Campbell et al., 2010). Hanya sedikit tumbuhan dan hewan yang dapat bertahan hidup dalam bioma ini. Tumbuhan pada bioma tundra memiliki karakteristik tubuh tidak terlalu besar dan berumur pendek biasanya hanya empat bulan. Hewan yang mampu hidup di bioma ini memiliki adaptasi khusus berupa mampu mengurangi aktivitas metabolismenya selama periode tertentu, rambut dan lapisan lemak yang tebal menyelubungi tubuhnya (Moore, 2006), contohnya beruang kutub (gambar 2.2). Selain beruang kutub, hewan seperti rusa kutub dan serigala juga di daerah ini (Tagliafero, 2007).



Gambar 2.2 Beruang di Bioma Tundra

Sumber : Tagliafero (2007)

b) Bioma Taiga

Bioma taiga merupakan kawasan hutan konifer yang tersebar di belahan bumi utara, mencakup wilayah dari Kanada, Alaska, Eropa utara (termasuk Skandinavia dan Rusia), hingga Siberia di Asia. Bioma ini mencakup sekitar 11%

dari daratan bumi, terutama di antara garis lintang 50°N hingga 70°N. Musim dingin yang panjang dan ekstrem dengan suhu rata-rata di bawah titik beku, dan musim panas yang pendek kurang dari 100 hari menyebabkan beberapa jenis tumbuhan memiliki adaptasi tertentu. Tumbuhan yang memiliki daun berbentuk jarum (konifer) seperti pinus mendominasi bioma taiga (gambar 2.3). Tumbuhan konifer memiliki daun yang kecil yang berguna untuk mengurangi penguapan. Contoh hewan yang ada di bioma ini seperti Beruang coklat, serigala abu-abu, lynx, rusa kutub (*caribou*), moose, bison kayu, dan beberapa jenis burung seperti burung camar. Hewan tersebut beradaptasi dengan memiliki rambut atau tebal, hingga hibernasi untuk bertahan dalam musim dingin yang panjang (Day, 2006).



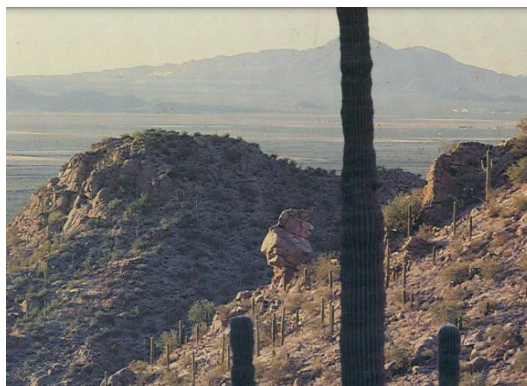
Gambar 2.3 Tumbuhan Pinus yang Mendominasi Bioma Taiga

Sumber : Day (2006)

c) Bioma Gurun (Padang Pasir)

Gurun mencakup sekitar sepertiga permukaan daratan di bumi yang tersebar di beberapa benua, seperti gurun Sahara di Afrika, Gobi di Asia, Atacama di Amerika Selatan. Gurun ditandai dengan curah hujan rendah (di bawah 250 mm setahun), kurangnya vegetasi, dan suhu ekstrem, baik dalam panas maupun dingin (Campbell et al., 2010). Ekosistem di gurun terdapat organisme yang beradaptasi untuk hidup dalam lingkungan yang sangat kering, seperti tanaman *xerofit*, contohnya kaktus (gambar 2.4). Adaptasi meliputi perubahan orientasi daun untuk meminimalkan paparan sinar matahari, warna daun yang cerah untuk memantulkan panas, serta rambut dan duri yang menciptakan lapisan udara isolasi. Transpirasi efektif pada kaktus dan semak kecil membantu mendinginkan tanaman, sementara batang tebal meningkatkan penyimpanan air dan mengurangi suhu maksimum siang

hari. Beberapa hewan memiliki adaptasi seperti beraktivitas di malam hari untuk menghindari panas matahari yang terik, berlindung di tempat yang teduh, serta menggali lubang (Laity, 2008). Sedangkan hewan lainnya yang ada di gurun yaitu unta (*Camelus dromedarius*), kadal gurun seperti kadal berduri (*Moloch horridus*), rubah fennec (*Vulpes zerda*), dan lainnya. Walaupun tandus, gurun menjadi habitat biotik yang sangat beragam dan berfungsi sebagai ekosistem yang cukup penting dalam keseimbangan global (Walker, 1996).



Gambar 2.4 Bioma Gurun yang Didominasi oleh Tumbuhan Kaktus

Sumber : Walker (1996)

d) Bioma Stepa (Padang Rumput)

Padang rumput ditemukan di berbagai wilayah dunia, termasuk Veldt di Afrika Selatan, Puszta di Hungaria, Pampas di Argentina, stepa di Rusia, hingga Prairie di Amerika Utara (Campbell et al., 2010). Bioma ini didominasi oleh rumput sejati (*Poaceae*) dan tumbuhan serupa rumput seperti sedge (*Cyperaceae*), serta tanah yang kaya akan bahan organik. Karakteristik iklim meliputi curah hujan 250–1.000 mm per tahun. Padang rumput mendukung beragam flora dan fauna, seperti rumput *Andropogon* dan *Schizachyrium*, serta hewan seperti bison (gambar 2.5). Tumbuhan di bioma padang rumput beradaptasi dengan memiliki akar yang dalam untuk menyerap air, daun sempit yang bisa menggulung untuk mengurangi penguapan serta dapat bereproduksi melalui rizoma atau stolon untuk beregenerasi dengan cepat. Hewan di padang rumput beradaptasi dengan memiliki gigi dan sistem pencernaan yang cocok untuk mencerna rumput, serta kemampuan migrasi untuk mencari makanan. Beberapa hewan kecil menggali liang untuk berlindung

dari suhu ekstrem dan pemangsa. Adaptasi ini membantu mereka bertahan di lingkungan yang kering dan sering mengalami perubahan cuaca. (Blair et al., 2014).



Gambar 2.5 Bison di Bioma Stepa

Sumber : Blair et al. (2014)

e) Bioma Sabana

Sabana adalah bioma yang luas, mencakup wilayah ekuator dan subekuator di berbagai benua (Campbell et al., 2010). Di Afrika, sabana mencakup sebagian besar wilayah sub-Sahara hingga ke Afrika Selatan, termasuk Swaziland dan sebagian besar Afrika Timur. Sabana memiliki musim hujan dan musim kering yang jelas. Curah hujan berkisar antara 200-1.350 mm per tahun, dengan sebagian besar wilayah menerima hujan selama musim panas. Suhu harian berkisar antara 16°C hingga lebih dari 32°C. Vegetasi sabana didominasi oleh rumput (*Poaceae*) dengan diselingi pohon dan semak. Hewan dan tumbuhan di bioma sabana memiliki berbagai adaptasi untuk bertahan dalam kondisi lingkungan yang khas, seperti musim kering yang panjang dan kebakaran alami. Hewan-hewan di sabana, seperti zebra, antelop, dan gajah, memiliki kemampuan bermigrasi untuk mencari sumber air dan makanan saat musim kering tiba. Selain itu, beberapa spesies memiliki toleransi terhadap makanan berkualitas rendah atau dapat memanfaatkan berbagai jenis vegetasi. Tumbuhan di sabana, seperti pohon akasia dan rumput-rumputan (gambar 2.6), memiliki sistem perakaran yang dalam untuk menyerap air dari lapisan tanah yang lebih dalam. Banyak tumbuhan juga menunjukkan adaptasi terhadap kebakaran, seperti kemampuan untuk tumbuh kembali dari akar setelah

terbakar dan memiliki kulit batang yang tebal untuk melindungi jaringan dalam. (Rutherford et al., 2006).



Gambar 2.6 Tumbuhan *Acacia tortilis* pada Bioma Sabana

Sumber : Rutherford et al. (2006).

f) Bioma Hutan Hujan Tropis

Hutan hujan tropis terletak di sekitar garis khatulistiwa, antara 10° lintang utara (LU) hingga 10° lintang selatan (LS). Hutan ini tersebar di berbagai wilayah seperti Amazon di Amerika Selatan, hutan hujan di Afrika Tengah (termasuk Cekungan Kongo), dan Asia Tenggara (termasuk Indonesia dan Malaysia). Hutan hujan tropis memiliki iklim yang lembap dan hangat sepanjang tahun, dengan suhu rata-rata sekitar 25–29°C dengan sedikit variasi musiman. Curah hujan tahunan sangat tinggi dan konstan, biasanya 150 – 400 cm per tahun (Campbell et al., 2010).

Hutan ini dihuni oleh berbagai jenis tumbuhan dengan lanskap hutan yang lebat dan beragam vegetasi dalam kanopi yang lebat, keberadaan berbagai jenis pohon dengan ketinggian berbeda, dan vegetasi yang hijau (gambar 2.7). Terdapat epifit seperti anggrek dan lumut yang hidup menempel di batang atau dahan pohon. Liana (tumbuhan merambat) juga banyak ditemukan dan memanfaatkan pohon sebagai penopang untuk mencapai kanopi. Selain itu, ada pohon-pohon khas seperti kayu jati di Asia Tenggara, pohon mahoni di Amerika Selatan, dan berbagai jenis palem di Afrika. Hewan di hutan hujan tropis sangat beragam meliputi mamalia seperti orangutan, gorila, jaguar, dan tapir. Berbagai jenis burung, seperti burung cenderawasih, burung toucan, dan burung kakaktua menghiasi langit hutan. Beberapa jenis reptil, seperti ular piton dan buaya juga sering ditemukan. Serangga seperti kupu-kupu, semut, dan kumbang. Beberapa jenis amfibi, seperti katak

beracun juga khas di lingkungan ini. Banyak hewan yang memiliki adaptasi unik, seperti kemampuan kamuflase untuk menghindari predator atau warna mencolok untuk memperingatkan ancaman. Hutan hujan tropis adalah salah satu ekosistem yang paling penting di dunia karena menyimpan keanekaragaman hayati yang tinggi (Rachel, 2014).



Gambar 2.7 Bioma Hutan Hujan Tropis

Sumber : Rachel (2014)

g) Bioma Hutan Gugur

Hutan gugur adalah bioma beriklim sedang yang ditemukan seperti di Amerika Utara bagian timur, Eropa Barat dan Tengah, serta Asia Timur. Hutan ini memiliki empat musim serta curah hujan tahunan antara 750–1500 mm. Vegetasi hutan gugur didominasi oleh pohon berdaun lebar seperti *maple*, *beech*, *oak*, dan *hickory*. Fauna hutan gugur meliputi herbivora seperti rusa dan kelinci, omnivora seperti rakun dan oposum, hingga predator kecil seperti *coyote* dan *lynx* (Dreiss & Volin, 2014). Hewan dan tumbuhan di bioma hutan gugur memiliki adaptasi khusus untuk bertahan dalam perubahan musim yang ekstrem. Pada musim gugur, radiasi sinar matahari berkurang, suhu mulai turun, sehingga tumbuhan kesulitan mendapatkan air yang membuat daun menjadi merah atau coklat yang akhirnya gugur (gambar 2.8). Selain itu, banyak pohon memiliki kulit kayu tebal untuk melindungi diri dari suhu rendah. Sementara itu, hewan-hewan di bioma ini juga memiliki adaptasi seperti hibernasi atau migrasi ke daerah yang lebih hangat selama musim dingin. Beberapa hewan, seperti tupai dan beruang, menyimpan cadangan makanan untuk bertahan selama musim dingin ketika sumber makanan terbatas (Wiryono, 2020).



Gambar 2.8 Bioma Hutan Gugur

Sumber : Wiryono (2020)

2) Ekosistem perairan (akuatik)

Ekosistem perairan dapat dibagi menjadi ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Ekosistem air tawar memiliki ciri seperti variasi suhu yang tidak mencolok, intensitas cahaya yang dapat masuk ke dalam perairan kurang, dan sangat dipengaruhi iklim dan cuaca. Ekosistem air tawar dapat berupa danau, rawa, dan sungai. Perairan tawar berkaitan dengan tanah dan komponen biotik tempat perairan ini berada serta dipengaruhi oleh pola dan kecepatan aliran air dan iklim (Campbell et al., 2010).

Ekosistem air laut dibedakan menjadi laut, pantai, dan estuari. Pada ekosistem laut memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi. Pantai terletak diantara ekosistem laut dan ekosistem darat. Estuari juga disebut dengan muara merupakan tempat bertemunya air sungai dengan air laut yang memiliki organisme seperti rumput rawa, ganggang, dan fitoplankton. Sedangkan hewan pada estuari seperti cacing, kerang, dan kepiting (Yanuar, 2019).

Pengelompokan ekosistem berdasarkan asalnya dapat dibagi menjadi ekosistem alami, ekosistem buatan, dan ekosistem suksesi. Ekosistem alami adalah ekosistem yang tidak ada campur tangan manusia, contohnya hutan belantara di Sumatera, Kalimantan, Irian, dan Sulawesi. Ekosistem alami memiliki komponen-komponen lebih lengkap, tidak mudah terganggu, tidak mudah tercemar, tidak memerlukan pemeliharaan karena dapat memelihara dan memenuhi sendiri, serta selalu dalam keseimbangan, kecuali jika ada bencana alam. Ekosistem buatan

adalah ekosistem yang sudah dipengaruhi atau dibuat oleh manusia dengan tujuan untuk mengonservasi pada alam agar memberikan manfaat bagi masyarakat sekitar sehingga komponen di dalamnya kurang lengkap, memerlukan energi, memerlukan perawatan, mudah tercemar, dan lebih rentan terhadap perubahan iklim, misalnya danau buatan, waduk, dan sawah (Safa'ah et al., 2023). Ekosistem suksesi adalah ekosistem yang terjadi karena hasil suksesi lingkungan yang mengalami kerusakan, misalnya ketika gunung meletus seluruh kehidupan di sekitarnya akan musnah yang akhirnya lambat laun lingkungan baru akan terbentuk disebut ekosistem baru (Yanuar, 2019).

c. Komponen dan Faktor yang Memengaruhi Ekosistem

Komponen penyusun ekosistem terdiri atas dua jenis yaitu komponen biotik yang terdiri atas makhluk hidup dan komponen abiotik yang terdiri atas benda tak hidup yang mendukung makhluk hidup (Herianto, 2017).

1) Komponen dan faktor biotik

Komponen biotik merupakan istilah yang merujuk pada organisme, misalnya hewan, tumbuhan, manusia, dan mikroorganisme yang memiliki peran dan tugas tertentu (Herianto, 2017). Faktor biotik berhubungan dengan pengaruh organisme hidup di lingkungan (Campbell et al., 2010). Berdasarkan peranan dan tugasnya, organisme dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai produsen, konsumen, dan pengurai (dekomposer/detrivor).

a) Produsen

Produsen merupakan suatu jenis organisme atau makhluk hidup yang mampu membentuk dan membuat makanannya sendiri dari berbagai zat organik melalui suatu proses tertentu. Jenis organisme yang mampu membentuk dan membuat makanannya sendiri serta juga memenuhi kebutuhan makhluk hidup lainnya disebut dengan organisme *autotrof*. Tumbuhan disebut sebagai produsen karena dapat menyediakan makanan bagi makhluk hidup lainnya dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi utama kehidupan di bumi melalui proses fotosintesis yang mengubah karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) menjadi karbohidrat sebagai bahan makanan. Adapun organisme yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber menghasilkan makanan sendiri disebut *fotoautotrof*. Berbeda dengan

tumbuhan, bakteri umumnya tidak memakai sinar matahari untuk proses pembuatan makanannya, melainkan menggunakan cadangan energinya dalam senyawa kimia. Proses tersebut disebut dengan *kemoautotrof* (Herianto, 2017).

b) Konsumen

Konsumen adalah sekelompok makhluk hidup yang memakan produsen dan hewan lainnya. Jenis komponen ini tidak dapat menghasilkan makanan sendiri sehingga sangat bergantung terhadap organisme produsen. Komponen organisme yang tidak dapat menghasilkan makanannya sendiri disebut dengan *heterotrof*. Konsumen terdiri dari dua tingkatan yaitu konsumen primer dan konsumen sekunder, konsumen primer merupakan hewan herbivora yang memakan organisme produsen dan berada pada tingkatan trofik kedua. Sedangkan konsumen sekunder merupakan konsumen yang memakan organisme herbivora yang terdiri dari hewan karnivora dan omnivora serta berada pada tingkat trofik ketiga (Herianto, 2017).

c) Pengurai (dekomposer/detritivor)

Pengurai merupakan organisme yang berperan menguraikan sisa-sisa bahan organik dari organisme yang telah mati. Contoh organisme pengurai adalah bakteri dan jamur. Organisme pengurai menyerap sebagian hasil dari penguraian makhluk hidup dan melepaskan bahan-bahan sederhana yang dapat dimanfaatkan kembali oleh organisme produsen. Terdapat dua jenis pengurai yaitu aerob berupa organisme yang memerlukan oksigen dan anaerob berupa organisme yang tidak terlalu memerlukan oksigen (Herianto, 2017).

2) Komponen dan faktor abiotik

Komponen abiotik terdiri atas komponen tidak hidup (nonhayati) yang sangat memengaruhi komponen biotik (Husna, 2018). Faktor abiotik bersifat tidak hidup dan merupakan sebutan untuk ciri-ciri fisik dan kimiawi suatu lingkungan (Campbell et al., 2010). Beberapa komponen dan faktor abiotik diantaranya sebagai berikut.

a) Udara

Udara merupakan sekumpulan gas pembentuk lapisan atmosfer yang menyelimuti permukaan bumi. Udara bersih dan kering di atmosfer mengandung gas dengan kadar yang stabil, yaitu kadar nitrogen (N₂) 78,09%, oksigen (O₂)

21,94%, karbon dioksida (CO_2) 0,032%, dan sisanya gas lain seperti Ne, He, Kr, Xe, H_2 , CH_4 , N_2O . Selain itu, udara juga mengandung gas yang jumlahnya biasa tidak tetap (berubah-ubah), yaitu uap air (H_2O) ozon (O_3), sulfur dioksida (SO_2), dan nitrogen dioksida (NO_2). Udara berperan untuk menunjang ekosistem, seperti gas O_2 untuk respirasi makhluk hidup dan gas CO_2 untuk proses fotosintesis tumbuhan (Campbell et al., 2010).

b) Air

Air sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup karena rata-rata tubuh organisme 90% terdiri atas air. Air berperan sebagai pelarut dan bahan baku proses di dalam tubuh. Air mengandung berbagai jenis unsur atau senyawa kimia yang jumlahnya bervariasi, seperti natrium, amonium, kalsium, nitrit, nitrat, dan fosfat. Jumlah unsur tersebut bergantung pada kualitas udara dan tanah yang dilalui oleh uap air pada siklus air. Air dapat berubah wujud menjadi uap, cairan, dan es tergantung suhu lingkungan di sekitarnya (Campbell et al., 2010).

c) Tanah

Tanah mengandung air tanah, udara tanah, garam mineral hingga humus yang dapat menyediakan habitat dan sumber makanan bagi tumbuhan dan hewan. Kotoran dan sisa tubuh organisme akan diuraikan oleh komponen pengurai sehingga menjadikan tanah subur. Tanah yang subur akan dijadikan sebagai habitat oleh beberapa macam organisme. Komponen utama tanah yaitu bahan mineral, bahan organik, air, dan udara. Tumbuhan dapat mengambil air dan garam-garam mineral dari dalam tanah untuk keberlangsungan hidupnya. Sedangkan manusia menggunakan tanah sebagai lahan pemukiman, pertanian, peternakan, perindustrian, pertambangan, dan lain sebagainya (Campbell et al., 2010).

d) Suhu

Suhu merupakan derajat energi panas yang berasal dari radiasi sinar, terutama yang bersumber dari matahari. Suhu lingkungan sangat berpengaruh terhadap makhluk hidup yang mendiami lingkungan tersebut. Suhu merupakan faktor penentu kehidupan karena memengaruhi keanekaragaman hayati di suatu ekosistem. Makhluk hidup cenderung mencari habitat yang memiliki suhu sedang

dan perubahan suhunya tidak ekstrim karena suhu yang terlalu panas atau dingin akan memengaruhi proses metabolisme tubuh (Campbell et al., 2010).

e) Cahaya Matahari

Cahaya matahari dapat disebut sebagai sumber energi utama ekosistem. Cahaya matahari diperlukan oleh tumbuhan untuk melakukan aktivitas fotosintesis. Hasil aktivitas tersebut dapat digunakan sebagai bahan makanan hewan dan manusia. Baik tumbuhan, hewan, maupun manusia tidak dapat hidup tanpa cahaya matahari. Beberapa hewan ada yang hidup bergantung pada intensitas cahaya sehingga dibedakan menjadi hewan yang aktif di siang hari (*diurnal*) dan hewan yang aktif di malam hari (*nocturnal*) (Campbell et al., 2010).

f) Kelembapan

Kelembapan dalam suatu ekosistem dipengaruhi oleh suhu, intensitas cahaya matahari, dan curah hujan. Daerah dengan tingkat kelembapan berbeda akan menghasilkan ekosistem yang beragam. Daerah pegunungan memiliki kelembapan udara yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pantai yang akan memengaruhi keanekaragaman organisme di kedua daerah tersebut (Campbell et al., 2010).

g) Topografi

Topografi adalah keadaan naik turun ataupun tinggi rendahnya permukaan bumi. Topografi memengaruhi keadaan iklim menyangkut suhu dan kelembapan udara. Topografi dapat memengaruhi keanekaragaman hayati di suatu wilayah (Campbell et al., 2010).

h) Derajat keasaman (pH)

Keadaan pH tanah berpengaruh terhadap kehidupan tumbuhan yang menempati tanah tersebut. Tumbuhan akan tumbuh dengan baik pada pH yang optimal yaitu berkisar antara 5,8-7,2. Nilai pH tanah dipengaruhi oleh curah hujan, penggunaan pupuk, aktivitas akar tanaman, dan penguraian mineral pada tanah (Husna, 2018).

i) Salinitas

Kadar garam air di lingkungan memengaruhi keseimbangan air organisme melalui proses osmosis. Beberapa organisme akuatik hidup terbatas pada habitat

tertentu, misalnya habitat air tawar dan air asin karena memiliki kemampuan terbatas untuk berosmoregulasi. Walaupun banyak organisme darat yang dapat mengekskresikan garam berlebih dari organ khusus, namun habitat yang memiliki kadar garam yang tinggi hanya dapat dihuni oleh beberapa organisme saja (Campbell et al., 2010).

j) Iklim

Suhu, curah hujan, sinar matahari, dan angin merupakan komponen utama iklim. Iklim merupakan kondisi cuaca dominan yang berlangsung dalam rentang waktu relatif lama di suatu wilayah. Suhu dan ketersediaan air menjadi faktor yang penting dalam iklim yang dapat memengaruhi distribusi organisme darat. Terdapat dua skala iklim yaitu iklim makro yang memiliki pola pada tingkat global, regional dan lokal serta iklim mikro yang memiliki pola yang sangat sempit, misalnya dapat dijumpai komunitas organisme yang hidup di bawah pohon tumbang (Campbell et al., 2010).

d. Interaksi antar Komponen Ekosistem

Suatu kawasan atau lingkungan yang alami di dalamnya terdapat interaksi antar komponen ekosistem. Interaksi tersebut terbentuk antara komponen abiotik dengan komponen biotik ataupun antarkomponen dari dalam komponen tersebut. Interaksi antar komponen ekosistem dapat dijelaskan sebagai berikut.

1) Interaksi Komponen Abiotik dengan Biotik

Komponen biotik umumnya dipengaruhi oleh komponen abiotik, misalnya tumbuhan bergantung pada komponen abiotik seperti tanah, air, udara, dan cahaya untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Terdapat beberapa tanaman yang hanya dapat tumbuh dan berkembang di tanah tertentu saja. Hal tersebut juga berlaku pada persebaran tanaman yang dipengaruhi oleh faktor cuaca dan iklim, misalnya kelapa dapat tumbuh dengan subur dan berbuah lebat di daerah pesisir pantai, tetapi tidak dengan di daerah pegunungan (Herianto, 2017).

Komponen abiotik juga dapat dipengaruhi oleh komponen biotik. Unsur hara yang baik, curah hujan yang stabil, dan kondisi tanah yang baik akan menyebabkan tanaman tumbuh subur. Jika tanaman tumbuh subur maka organisme pengurai seperti cacing akan menyertainya yang menyebabkan tanah menjadi

gembur, menghancurkan sisa-sisa tumbuhan, daun-daun, dan menjadikan aerasi tanah menjadi lebih baik (Herianto, 2017).

2) Interaksi Antarkomponen Abiotik

Komponen abiotik dengan komponen abiotik lainnya dapat saling berinteraksi, misalnya pada proses pelapukan bebatuan yang dipengaruhi oleh faktor cuaca dan iklim. Selain itu, cuaca dan iklim juga dapat memengaruhi ketersediaan air di suatu wilayah. Sama halnya dengan kandungan mineral dalam air yang dapat dipengaruhi oleh bebatuan dan tanah yang dilaluinya (Herianto, 2017).

3) Interaksi Antarkomponen Biotik

Komponen biotik dapat saling berinteraksi dengan komponen biotik lainnya untuk memenuhi kebutuhannya. Interaksi tersebut dapat berupa interaksi antarorganisme, antarpopulasi, dan antarkomunitas (Herianto, 2017).

a) Interaksi antarorganisme

Pada hakikatnya setiap organisme akan berinteraksi dengan organisme lainnya atau dengan jenis lainnya (Herianto, 2017). Interaksi antarorganisme dapat dibedakan menjadi beberapa macam sebagai berikut.

(1) Protokooperasi

Protokooperasi merupakan interaksi antara organisme yang berdampak saling menguntungkan, namun bukan merupakan suatu keharusan karena jika interaksi tersebut tidak terjadi, maka tidak akan memberikan pengaruh bagi kedua organisme yang saling berinteraksi (tidak dirugikan dan tidak diuntungkan). Menurut Barbour dalam Pebrianto et al. (2020) menyebutkan bahwa contoh protokooperasi yaitu *root graft* atau penyatuan akar.

(2) Mutualisme

Interaksi mutualisme merupakan hubungan antar organisme yang berbeda jenis atau spesies bersifat saling menguntungkan antara keduanya, misalnya lebah dengan bunga dan *Rhizobium* yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan (Herianto, 2017).

(3) Predasi

Predasi merupakan interaksi antarorganisme pemangsa (predator) dengan mangsanya. Pemangsa merupakan organisme yang tidak dapat hidup apabila tidak ada yang dimangsa. Jika suatu lingkungan jumlah mangsa telah menurun atau bahkan sampai habis, maka pemangsa akan berpindah tempat atau bahkan punah. Pemangsa memiliki peran sebagai pengendali jumlah organisme dalam suatu populasi, misalnya jika jumlah ular sedikit di suatu kawasan maka jumlah tikus akan bertambah (Herianto, 2017).

(4) Parasitisme

Parasitisme merupakan bentuk interaksi antarorganisme yang berlainan spesies dan bersifat merugikan bagi salah satu pihak sedangkan pihak lainnya diuntungkan, misalnya adalah benalu yang menghinggapi pohon, lintah yang menyedot darah, kutu dan cacing pita yang menyerang manusia (Herianto, 2017).

(5) Komensalisme

Komensalisme merupakan bentuk interaksi antarorganisme yang berbeda spesies yang mengakibatkan salah satu spesies diuntungkan sedangkan spesies yang lainnya tidak dirugikan dan juga tidak diuntungkan, contohnya adalah tumbuhan epifit yang menempel pada batang pohon. Tumbuhan epifit akan diuntungkan dengan mendapatkan cukup cahaya di pohon yang ditumpanginya sedangkan pohon yang ditumpanginya tidak merasa dirugikan (Herianto, 2017).

b) Interaksi Antarpopulasi

Interaksi antarpopulasi dapat terjadi melalui interaksi aleopati dan interaksi kompetisi. Interaksi aleopati merupakan interaksi yang terjadi jika populasi pertama menghasilkan zat yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan populasi lainnya, misalnya interaksi jamur *Penicillium sp.* yang dapat menghasilkan antibiotik untuk menghambat pertumbuhan bakteri tertentu. Interaksi aleopati juga seringkali disebut dengan amensalisme yang berarti salah satu pihak dirugikan namun pihak lainnya tidak terpengaruh. Interaksi kompetisi merupakan interaksi yang terjadi karena adanya kebutuhan yang sama antarpopulasi sehingga memunculkan persaingan untuk mendapatkan apa yang dibutuhkan, misalnya populasi kuda dengan populasi kijang dalam memperoleh habitat (Herianto, 2017).

c) Interaksi Antarkomunitas

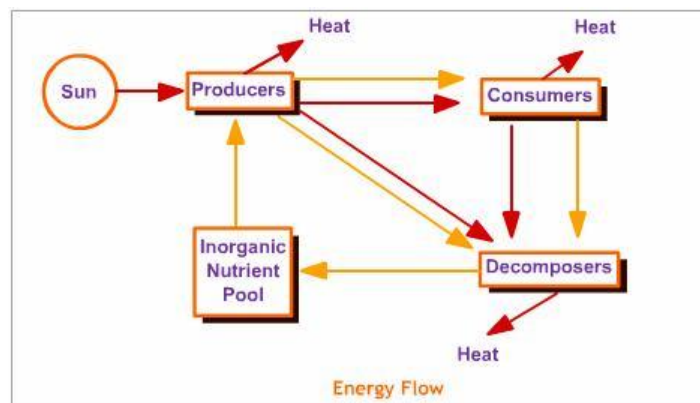
Komunitas terdiri dari beberapa populasi yang berbeda dan saling berinteraksi di dalam satu wilayah, misalnya interaksi antara komunitas padang rumput yang dihuni oleh hewan herbivora, seperti kuda dan rusa dengan komunitas sungai yang dihuni oleh ikan, buaya, dan lainnya. Bentuk interaksi kedua komunitas tersebut dapat berupa buaya di sungai yang memangsa rusa yang sedang minum di sungai sedangkan ikan menjadi mangsa burung pelikan (Herianto, 2017).

e. Aliran Energi

Energi merupakan kemampuan yang diperlukan untuk melakukan kerja yang bersifat tidak dapat dilihat, namun efek energi tersebutlah yang hanya bisa terlihat (Soemarwoto, 1994). Hukum fisika dan kimia berlaku pada ekosistem, terutama kaitannya dengan energi yaitu energi bersifat kekal, namun terdegradasi menjadi panas selama proses-proses ekosistem.

Produsen primer dalam ekosistem merupakan organisme autotrof yang dapat mengubah energi cahaya dari matahari menjadi energi kimiawi (senyawa organik). Herbivor yang memakan tumbuhan dan produsen primer lainnya disebut konsumen primer. Karnivor yang memakan herbivor merupakan konsumen sekunder. Sementara itu karnivor yang memakan karnivor lainnya disebut konsumen tersier. Kelompok heterotrof penting lainnya yaitu pengurai, baik detritivor maupun dekomposer yang merupakan konsumen yang mendapatkan energi dari material organik yang telah mati seperti sisa-sisa organisme mati, feses, dedaunan yang gugur, dan kayu yang telah tumbang. Kelompok utama pengurai diantaranya prokariotik dan jamur (Herianto, 2017).

Energi matahari digunakan oleh produsen primer untuk fotosintesis, lalu diteruskan ke konsumen melalui rantai makanan. Energi masuk ke dekomposer melalui proses penguraian oleh mikroorganisme. Aliran energi (panah merah) bersifat satu arah dan sebagian besar hilang sebagai panas, sementara unsur kimia (panah jingga) terus didaur ulang dalam ekosistem (gambar 2.9). Jumlah energi cahaya yang diubah menjadi energi kimiawi oleh autotrof disebut produksi primer suatu ekosistem. (Campbell et al., 2010).



Gambar 2.9 Skema Aliran Energi dan Pendaaran Unsur Kimia

Sumber : (Rose, n.d.)

Aliran energi dan siklus materi dalam ekosistem terjadi melalui rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Rantai makanan adalah susunan peristiwa makan dan dimakan antar makhluk hidup untuk kelangsungan hidupnya. Rantai makanan tersusun atas beberapa tingkatan yang disebut tingkat trofik. Tingkatan tersebut dimulai dari produsen sebagai organisme autotrof berada di tingkat trofik pertama, konsumen yang memakan produsen berada di tingkat trofik kedua, konsumen yang memakan konsumen pertama berada di tingkat trofik ketiga, begitupun seterusnya.

Jaring-jaring makanan merupakan sekumpulan rantai makanan yang saling berhubungan. Jaring-jaring makanan memiliki susunan yang lebih rumit jika dibandingkan dengan rantai makanan. Jaring-jaring makanan menunjukkan suatu organisme dapat memakan lebih dari satu organisme lainnya dan sebaliknya suatu organisme bisa dimakan oleh lebih dari satu organisme lainnya (Herianto, 2017).

f. Piramida Ekologi

Piramida ekologi menggambarkan struktur trofik pada ekosistem yang terbagi menjadi tiga jenis, yaitu piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.

1) Piramida Jumlah

Piramida jumlah didasarkan pada jumlah organisme di setiap tingkat trofik. Umumnya, organisme pada tingkat trofik pertama adalah yang paling banyak, sedangkan jumlah organisme pada tingkat trofik kedua, ketiga, dan seterusnya

cenderung berkurang (gambar 2.10). Kebanyakan ekosistem alami, jumlah tumbuhan selalu lebih banyak dibandingkan dengan herbivor, dan jumlah herbivor juga lebih banyak daripada karnivor tingkat I. Selain itu, karnivor tingkat I selalu lebih banyak daripada karnivor tingkat II (Maknun, 2017).



Gambar 2.10 Piramida Jumlah

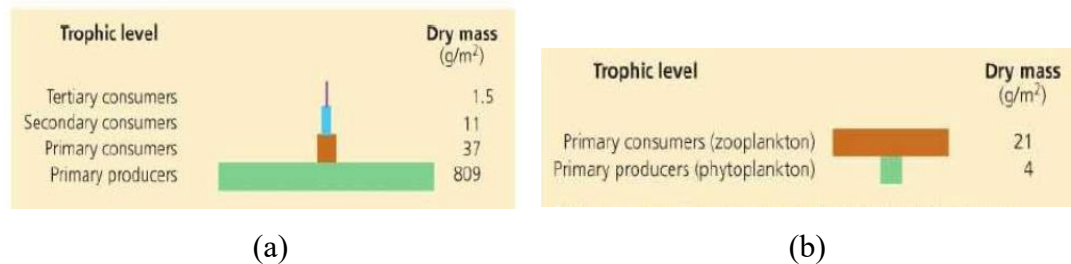
Sumber : Maknun (2017)

2) Piramida Biomassa

Biomassa mengacu pada berat materi hidup pada waktu tertentu. Pada ekosistem darat, biomassa semakin mengecil pada tingkat trofik lebih tinggi sehingga produsen memiliki biomassa yang lebih besar dibandingkan konsumen (gambar 2.11a). Hal ini mencerminkan pola khas ekosistem darat, di mana tumbuhan memiliki biomassa yang besar karena pertumbuhannya yang lambat dan akumulasi materi organik dalam jangka panjang. Sedangkan pada ekosistem air, biomassa produsen lebih kecil dibandingkan konsumen primer (gambar 2.11b). Hal ini terjadi karena fitoplankton memiliki laju reproduksi yang sangat cepat tetapi juga dikonsumsi dengan cepat oleh zooplankton, sehingga pada satu waktu tertentu biomassa fitoplankton tampak lebih kecil dibandingkan zooplankton (Campbell et al., 2010).

Perhitungan biomassa di setiap tingkat trofik, perlu dilakukan pengukuran rata-rata berat organisme di setiap tingkat, sebelum memperkirakan jumlah organisme tersebut. Piramida biomassa berfungsi untuk menggambarkan total massa semua organisme dalam suatu habitat tertentu dan diukur dalam satuan gram. Untuk menghindari kerusakan pada habitat, biasanya hanya diambil sedikit sampel yang kemudian digunakan untuk menghitung total biomassa. Metode ini

menghasilkan informasi yang lebih akurat mengenai kondisi ekosistem dapat diperoleh (Sandika, 2021).



Gambar 2.11 Piramida Biomassa

(a) Piramida Biomassa di Ekosistem Darat

(b) Piramida Biomassa di Ekosistem Air

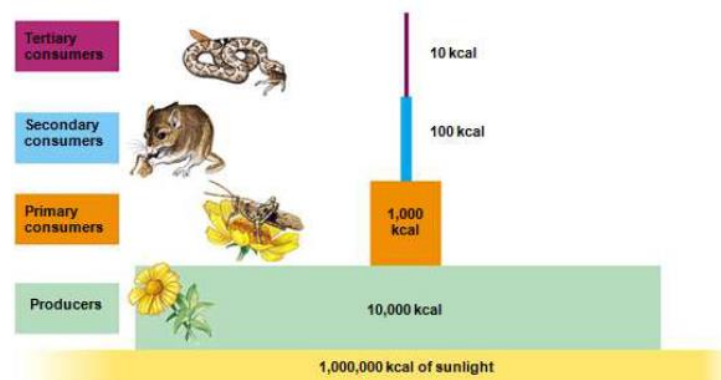
Sumber : Campbell et al. (2010)

3) Piramida Energi

Pada piramida energi, terjadi penurunan jumlah energi yang tersedia di setiap tingkat trofik secara berturut-turut. Energi utama berasal dari cahaya matahari (1,000,000 kcal), tetapi hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan oleh organisme. Produsen, seperti tumbuhan, menyerap sekitar 10,000 kcal dari energi matahari melalui fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Konsumen primer, seperti serangga, memperoleh 1,000 kcal dari tumbuhan, sementara konsumen sekunder, seperti tikus, hanya mendapatkan 100 kcal dari serangga yang dimakannya. Pada tingkat tertinggi, konsumen tersier, seperti ular, menerima sekitar 10 kcal dari tikus, karena sebagian besar energi telah digunakan atau hilang sebagai panas (gambar 2.12). Piramida energi ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 10% energi yang diteruskan ke tingkat trofik berikutnya, sementara sisanya digunakan untuk metabolisme atau hilang dalam bentuk panas. Akibatnya, jumlah energi yang tersedia semakin berkurang pada tingkat trofik yang lebih tinggi, yang membatasi jumlah organisme di tingkat tersebut (Campbell et al., 2010).

Penurunan ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu tidak semua makanan yang ada dapat ditangkap dan dikonsumsi oleh tingkat trofik selanjutnya. Selain itu, ada juga makanan yang dimakan tetapi tidak dapat dicerna, sehingga dikeluarkan sebagai limbah. Kemudian, hanya sebagian dari makanan yang dicerna yang dapat

menjadi bagian dari tubuh organisme; sisanya digunakan sebagai sumber energi (Maknun, 2017).



Gambar 2.12 Piramida Energi

Sumber : Campbell et al. (2010)

g. Daur Biogeokimia

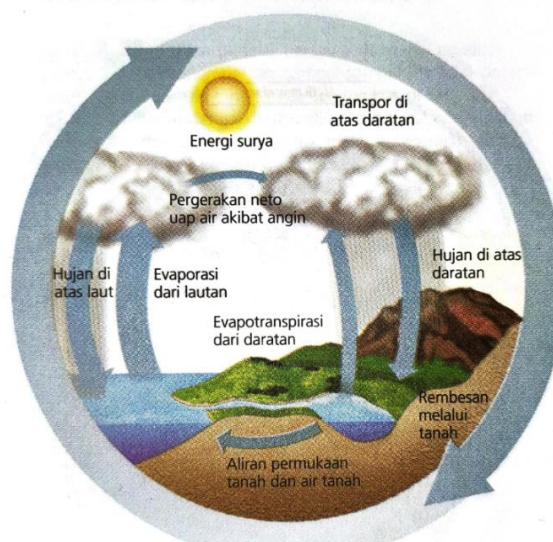
Sebagian besar ekosistem menerima energi yang melimpah dari sumber energi utama bumi, yaitu matahari, namun unsur-unsur kimia yang tersedia di bumi dalam jumlah yang terbatas. Oleh karena itu, kehidupan di bumi bergantung pada daur ulang unsur-unsur kimia esensial. Sebagian besar simpanan zat kimia dari 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-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).

1) Siklus Air

Air di atmosfer berada dalam bentuk uap air yang sebagian besar berasal dari laut karena laut mencapai $\frac{3}{4}$ luas permukaan bumi (Maknun, 2017). Air yang ada di bumi saat ini merupakan air yang sama sejak awal keberadaan bumi karena adanya proses siklus air. Air memiliki banyak fungsi penting 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 juga 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 neto 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 (gambar 2.13). Siklus ini terus berulang, menjaga keseimbangan ketersediaan air di bumi dan memainkan peran penting dalam mendukung kehidupan, iklim, dan ekosistem (Campbell et al., 2010).



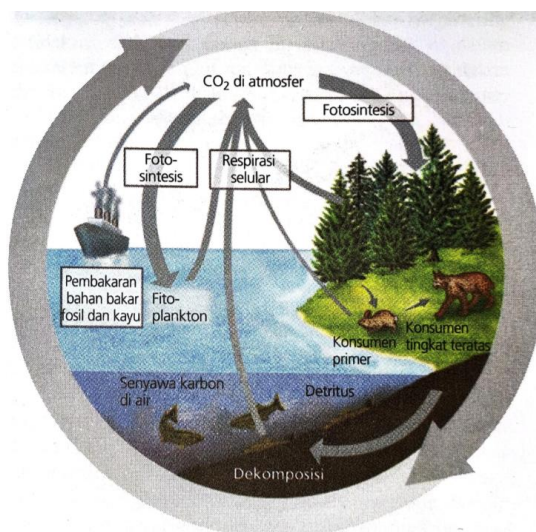
Gambar 2.13 Skema Siklus Air

Sumber : Campbell et al. (2010)

2) 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 (gambar 2.14) 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).



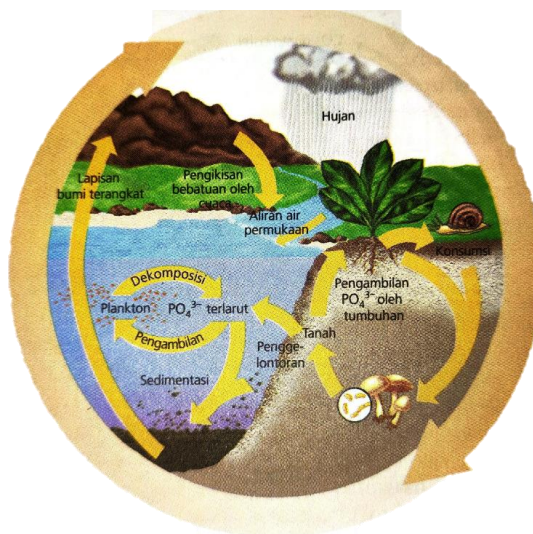
Gambar 2.14 Skema Siklus Karbon

Sumber : Campbell et al. (2010)

Fosfor adalah nutrisi penting 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 juga 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 (gambar 2.16). 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).



Gambar 2.16 Skema Siklus Fosfor

Sumber : Campbell et al. (2010)

Seiring pertumbuhan jumlah populasi umat manusia, aktivitas dan teknologi manusia telah mengganggu struktur trofik, aliran energi, dan daur ulang kimia dalam ekosistem (Campbell et al., 2010). Bahkan, sebagian besar siklus unsur kimia pada zaman sekarang lebih dipengaruhi oleh aktivitas manusia dibandingkan dengan proses alami. Beberapa aktivitas tersebut sebagai berikut.

1) Pengayaan Nutrien

Aktivitas pertanian menghilangkan nutrien di ekosistem, sehingga perlu penambahan nutrien dalam jumlah besar untuk memaksimalkan pertanian. Nutrien yang terkandung dalam pupuk jika berlebihan akan mencemari tanah dan air permukaan ekosistem perairan sehingga berpotensi memicu pertumbuhan alga secara berlebihan (Campbell et al., 2010).

2) Hujan Asam

Pembakaran bahan bakar fosil seperti penggunaan kendaraan bermotor menjadi penyebab utama hujan asam, misalnya yang telah terlihat di bumi yaitu ekosistem di Amerika Utara dan Eropa yang searah dengan angin dari daerah-daerah industri telah mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh hujan dan salju yang mengandung asam nitrat dan asam sulfat (Campbell et al., 2010).

3) Toksinitas Lingkungan

Toksin/racun dapat terkonsentrasi dalam tingkat trofik jaring-jaring makanan yang bertingkat. Penyebaran limbah toksin telah mencemari lingkungan dengan zat-zat berbahaya yang seringkali bertahan lama dan menjadi terkonsentrasi di sepanjang rantai makanan melalui proses peningkatan konsentrasi zat kimia berbahaya (seperti pestisida, logam berat, atau polutan lainnya) dalam tubuh organisme hidup (Campbell et al., 2010).

4) Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global

Konsentrasi Karbondioksida di atmosfer terus-menerus meningkat sepanjang waktu yang diakibatkan oleh pembakaran kayu dan bahan bakar fosil serta aktivitas lainnya. Jika karbondioksida tersebut terus meningkat maka akan mengakibatkan pemanasan global yang signifikan serta perubahan iklim yang dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup dan juga komponen ekosistem lainnya (Campbell et al., 2010).

5) Deplesi Ozon di Atmosfer

Lapisan ozon dapat mengurangi penembusan radiasi sinar *ultra violet* melalui atmosfer. Berbagai aktivitas manusia terutama pelepasan pencemar-pencemar yang mengandung klorin mengakibatkan penipisan lapisan ozon. Kehancuran lapisan ozon di atmosfer disebabkan oleh akumulasi klorofluorokarbon (CFC) yang hasil penguraian zat kimia naik ke atmosfer maka klorin yang dikandungnya akan bereaksi dengan ozon, mereduksinya menjadi O₂ molekular. Hancurnya sebagian besar pelindung ozon bumi merupakan salah satu contoh suatu hal yang dapat mengganggu dinamika ekosistem dan biosfer (Campbell et al., 2010).

h. Keseimbangan Ekosistem

Terdapat suatu keseimbangan dalam ekosistem yang disebut dengan homeostatis, yaitu 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, dsb. Faktor manusia meliputi penebangan pohon liar, pembakaran hutan, perburuan hewan terus menerus, penggunaan pupuk berlebihan, pembuangan limbah dan sampah, dsb. Hal tersebut dapat menyebabkan kepunahan suatu spesies atau populasi, kerusakan lingkungan, dan munculnya anomali ekosistem (Sandika, 2021).

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian yang relevan merupakan temuan atau data dari penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik, variabel, atau permasalahan yang diteliti. Hasil penelitian tersebut berfungsi untuk memperkuat kredibilitas penelitian, karena didasarkan pada bukti ilmiah sebelumnya. Adapun beberapa hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh Siska et al., (2020) menunjukkan bahwa pendekatan *Sosioscientific Issue* dapat meningkatkan argumentasi ilmiah peserta didik karena pada proses pembelajaran peserta didik disajikan isu dari sudut

pandang pengetahuan sains untuk dievaluasi, dikaji dampaknya, dan membuat keputusan terkait isu tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Noviyanti et al. (2021) menunjukkan bahwa model pembelajaran *RICOSRE* dapat meningkatkan kemampuan argumentasi peserta didik serta mempersempit kesenjangan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik dari kelompok yang memiliki prestasi akademik tinggi dan peserta didik yang memiliki prestasi rendah dibandingkan dengan model *problem based learning*.

Penelitian oleh Rahayu et al. (2022) menunjukkan bahwa dengan menggunakan E-LKPD berbasis pemetaan argumentasi dapat menjadi alternatif untuk mengasah dan mengemabngkan kemampuan argumentasi peserta didik karena mendorong peserta didik untuk mengungkapkan argumentasi dengan komponen yang lengkap

Penelitian oleh Badriah et al. (2023) yang menunjukkan bahwa penerapan model *RICOSRE Collaborative Mind Mapping* menggunakan platform *miro* berpengaruh signifikan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Pengintegrasian model pembelajaran *RICOSRE* dengan *Collaborative Mind Mapping* menggunakan platform *miro* dapat menyederhanakan proses berpikir yang kompleks terhadap suatu masalah melalui visualisasi yang disusun secara sistematis sehingga dapat membantu dalam menemukan solusi yang efektif.

Selain itu, penelitian dilakukan oleh Badriah et al. (2024) menunjukkan model *RICOSRE Collaborative Mind Mapping* menggunakan platform *miro* juga berpengaruh signifikan dalam meningkatkan literasi informasi. Pengintegrasian model pembelajaran *RICOSRE* dengan *Collaborative Mind Mapping* menggunakan platform *miro* terbukti efektif dalam memberdayakan kemampuan untuk mengorganisasikan pengetahuan secara sistematis.

Penelitian oleh Rahayu & Setiawati (2024) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh positif penggunaan model *Problem Based Learning* berbantuan aplikasi *Jamboard* terhadap kemampuan argumentasi siswa dengan peningkatan level kemampuan argumentasi. Model *Problem based learning* dapat memfasilitasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran melalui tahap-

tahapannya. Sedangkan aplikasi *jamboard* dapat memfasilitasi argumentasi peserta didik dengan menuangkan pendapatnya dalam bentuk tulisan.

Penelitian yang dilakukan oleh Rianti et al., (2024) menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis masalah dan *discovery learning* dapat meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah. Akan tetapi, pembelajaran berbasis masalah lebih baik dalam meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik dibandingkan dengan model pembelajaran *discovery learning*.

Penelitian Fitriyah & Mutammiroh (2025) menunjukkan bahwa penggunaan platform *interactive whiteboard* dapat meningkatkan motivasi belajar dilihat dari minat dan perhatian yang lebih tinggi terhadap proses pembelajaran karena tampilan visual yang menarik dan interaktif dari platform *interactive whiteboard* yang digunakan, sehingga dapat menjadi alternatif inovatif yang efektif dalam proses pembelajaran.

2.3 Kerangka Konseptual

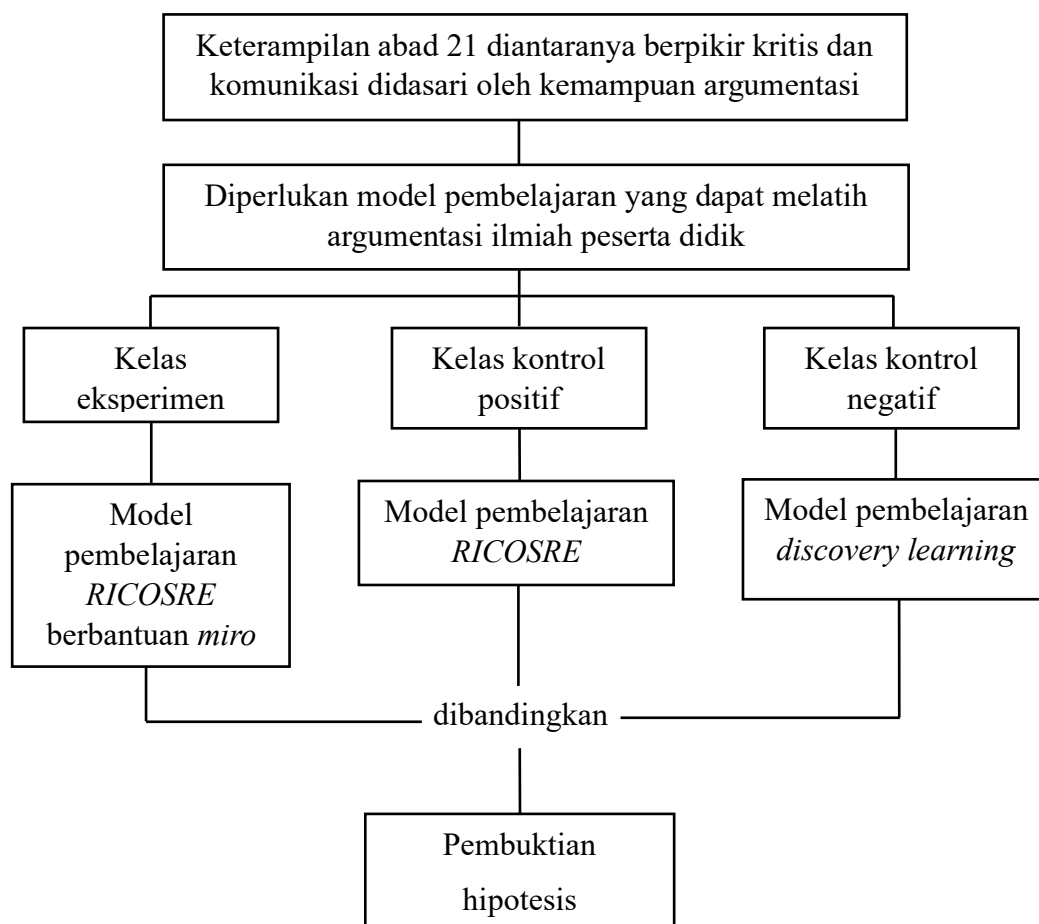
Pembelajaran di abad 21 menuntut peserta didik untuk memiliki keterampilan abad 21. Keterampilan berpikir kritis dan keterampilan komunikasi termasuk ke dalam keterampilan abad 21. Kedua keterampilan tersebut didasari oleh kemampuan argumentasi ilmiah. Kemampuan argumentasi ilmiah merupakan kecakapan yang dimiliki seseorang untuk menyampaikan pendapat yang disertai dengan bukti dan alasan atau penalaran ilmiah dengan tujuan untuk meyakinkan orang lain. Kemampuan argumentasi ilmiah penting untuk dikembangkan oleh peserta didik agar mereka mampu berpikir secara ilmiah, berkomunikasi efektif, dan memecahkan masalah di kehidupan sehari-hari dengan solusi yang logis. Pengembangan kemampuan argumentasi ilmiah harus dibarengi dengan proses pembelajaran yang tepat.

Guru harus mampu menerapkan proses pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik. Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan yaitu *RICOSRE*. Model pembelajaran tersebut berorientasi pada pemecahan masalah yang menuntut peserta didik untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan masalah secara efektif. Model *RICOSRE* dapat berpotensi membuat peserta didik terlibat aktif dalam menyusun

dan menyampaikan argumen ilmiah secara logis dan sistematis untuk menemukan solusi yang efektif dalam memecahkan masalah.

Model pembelajaran *RICOSRE* dapat diterapkan pada berbagai materi pelajaran biologi yang memuat hubungan konsep dan pemecahan masalah nyata, salah satunya materi ekosistem. Proses pembelajaran dengan menggunakan model *RICOSRE* dapat menggunakan media untuk mengefisienkan pembelajaran. Salah satu media yang dapat digunakan yaitu *miro*. Media ini dapat membantu peserta didik dalam memvisualisasikan ide dan solusi melalui catatan tempel digital yang memberikan kemudahan bagi peserta didik sehingga dapat lebih aktif dalam proses pembelajaran. *Miro* dapat diterapkan dalam model *RICOSRE* pada tahap membangun solusi, memecahkan masalah, meninjau kembali solusi, dan memperluas solusi.

Berdasarkan uraian di atas, diduga terdapat pengaruh model pembelajaran *RICOSRE* berbantuan *miro* terhadap kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik pada materi ekosistem di kelas X SMA Negeri 3 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.



Gambar 2.17 Kerangka Konseptual

Sumber: Dokumentasi pribadi

2.4 Hipotesis Penelitian

Agar penelitian ini sejalan dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, maka ditentukan hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut.

- H_0 : Tidak terdapat pengaruh model pembelajaran *RICOSRE* berbantuan *miro* terhadap kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik pada materi ekosistem di kelas X SMA Negeri 3 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.
- H_a : Terdapat pengaruh model pembelajaran *RICOSRE* berbantuan *miro* terhadap kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik pada materi ekosistem di kelas X SMA Negeri 3 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.