

BAB II

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Kemampuan Argumentasi Ilmiah

2.1.1.1 Pengertian Kemampuan Argumentasi Ilmiah

Seorang filsuf Yunani, Protagoras mendefinisikan argumen ke dalam dua makna yaitu makna individual dan makna sosial. Berdasarkan makna individual, argumen adalah setiap bagian wacana yang beralasan, saat seseorang mengartikulasikan sudut pandangnya, orang tersebut sedang mengembangkan argumen. Sedangkan argumen secara makna sosial yaitu perdebatan antara orang-orang yang saling berseberangan dengan sisi-sisi yang kontras terhadap suatu isu (Jimenez *et al.*, 2007). Namun, argumentasi yang digunakan dalam konteks sains ini adalah argumentasi ilmiah. Menurut Jimenez *et al* (2007) argumentasi ilmiah dapat didefinisikan sebagai hubungan antara klaim dan data melalui pbenaran atau evaluasi klaim pengetahuan berdasarkan bukti, baik empiris maupun teoritis.

Berdasarkan sifatnya, argumentasi ilmiah ialah proses dialogis di mana individu secara sosial membangun, mengkritik, menantang, dan merevisi klaim tentang fenomena alam. Sehingga, argumentasi ilmiah yang diterapkan pada pendidikan sains bertujuan agar siswa dapat membangun, menggunakan, dan menyajikan argumen secara lisan serta tulisan yang didukung oleh bukti empiris dan penalaran ilmiah untuk mendukung atau membantah penjelasan dan model untuk suatu fenomena maupun solusi untuk suatu masalah (McNeill *et al.*, 2016). Kemampuan argumentasi ilmiah adalah kemampuan untuk menyampaikan pendapat secara logis yang bertujuan untuk menghubungkan antara ide dan bukti. Kemampuan argumentasi ilmiah yang baik pada siswa dapat membantunya dalam membangun penjelasan guna menghasilkan pengetahuan baru (Khoir & Admoko, 2023).

Selain itu, kemampuan argumentasi ilmiah merupakan kemampuan penalaran informasi dan melibatkan pemecahan masalah, membuat pernyataan, mengambil keputusan yang didukung dengan data dan bukti untuk menghasilkan sebuah gagasan dan keputusan. Para ilmuwan menggunakan kemampuan tersebut

untuk menjelaskan fenomena dengan melibatkan data dan bukti yang mendukung atau membantah sebuah teori (Afgani *et al.*, 2020).

Di samping itu, kemampuan argumentasi ilmiah menjadi salah satu tujuan utama dalam pembelajaran sains. Sebab dalam prosesnya, siswa harus mengetahui penjelasan ilmiah mengenai fenomena alam menggunakan argumentasi untuk memecahkan masalah. Kemampuan ini dapat menjembatani dan menjadi sarana yang mendukung perkembangan beberapa kompetensi abad 21, diantaranya berpikir kritis dan berkomunikasi yang efektif. Manfaat lainnya bagi siswa yaitu dapat membantu pendidik dalam mencapai tujuan pembelajaran yang dirancang oleh pendidik dengan mudah.

Berdasarkan beberapa definisi di atas, kemampuan argumentasi ilmiah dapat didefinisikan sebagai kemampuan individu secara lisan ataupun tulisan dalam menyampaikan pendapat secara logis terhadap suatu fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang didukung oleh bukti dan penalaran untuk menghasilkan gagasan dan keputusan yang tepat yang dapat mendukung kompetensi di era revolusi industri 4.0.

2.1.1.2 Pola Argumentasi Ilmiah

Terlibat dalam wacana dan praktik sains seringkali sulit dilakukan bagi masyarakat menengah dan siswa sekolah sebab, hal tersebut adalah hal baru bagi mereka, tanpa adanya dukungan untuk mempelajari cara-cara baru dalam mengetahui, melakukan, dan berbicara tentang sains, siswa mungkin tidak dapat berhubungan dengan sains dan bahkan secara aktif menolak dalam mempelajarinya (Mcneill *et al.*, 2006). Sehingga, untuk memudahkan dalam melatihkan dan membiasakan kemampuan argumentasi ilmiah diperlukan pola ataupun komponen yang menjadi parameter dalam menentukan kualitas suatu argumentasi ilmiah. Berikut pola-pola argumentasi ilmiah menurut para ahli yaitu sebagai berikut:

a) Pola Argumentasi Ilmiah Toulmin (1958)

Stephen Edelston Toulmin merupakan pencetus pertama teori argumentasi modern. Salah satu gagasannya adalah Pola Argumentasi Ilmiah Toulmin (*Toulmin's Argumentation Pattern/TAP*). Dikembangkan pertama kali pada tahun 1958. Kerangka argumentasi Toulmin menunjukkan bahwa pernyataan-pernyataan

yang membentuk argumen mempunyai fungsi-fungsi yang berbeda yang dapat diklasifikasikan ke dalam satu fungsi yang terbagi ke dalam enam komponen, yaitu klaim (*claim*), data (*data*), penjamin (*warrant*), dukungan (*backing*), sanggahan (*rebuttal*), dan penguatan (*qualifier*) (Sampson & Clark, 2008).

- 1) *Claim* (Klaim) adalah pernyataan tentang apa yang disetujui seseorang.
- 2) Data adalah bukti atau fakta yang menjadi titik tolak untuk mendukung klaim yang dsetujukini.
- 3) *Warrant* (Penjamin) adalah komentar yang digunakan untuk membenarkan mengapa data relevan dengan klaim.
- 4) *Backing* (Dukungan) adalah komentar yang digunakan untuk menetapkan kondisi umum yang memperkuat penerimaan *warrant* sehingga hubungan antara data dan klaim tidak akan dipertanyakan.
- 5) *Rebuttal* (Sanggahan) menunjukkan keadaan di mana otoritas umum *warrant* harus dikesampingkan dengan kata lain, terdapat pengakuan pandangan lain yang valid terhadap suatu fenomena.
- 6) *Qualifier* (Penguatan) menunjukkan bahwa suatu klaim mungkin tidak benar dalam suatu situasi. Misalnya mengandung kata “mungkin”, “beberapa” yang mencerminkan bahwa klaim seseorang ragu atau tidak benar (Toulmin, 2003).

b) Pola Argumentasi Ilmiah Mcneill *et al* (2006)

Praktik inti sains merupakan konstruksi argumen atau penjelasan termasuk mempertimbangkan bukti, menafsirkan teks dan mengevaluasi klaim. Mcneill *et al* (2006) memutuskan untuk mengadaptasi model Toulmin daripada menggunakannya secara langsung agar lebih selaras dengan standar sehingga dapat lebih mudah diakses oleh guru dan siswa sekolah menengah. Sebab, pola argumentasi Toulmin (1958) tentu sangat mendasar dalam membangun struktur argumentasi. Namun, dalam aspek pendidikan sains, pola tersebut dipandang terlalu kompleks dan sulit dipahami siswa di tingkat dasar hingga dasar. Sehingga, Mcneill *et al* (2006) menciptakan model intruksional kemampuan argumentasi ilmiah yang memecah penjelasannya menjadi tiga komponen yaitu *claim* yang mirip dengan *claim* pada Toulmin (1958), *evidence* yang mirip dengan data pada komponen Toulmin, dan *reasoning* merupakan kombinasi antara *warrant* dan *backing* pada

pola Toulmin. Pola ini hanya melibatkan tiga komponen yang dapat lebih efektif diterapkan dalam proses pembelajaran sains dan menekankan pentingnya menghubungkan bukti dengan prinsip-prinsip ilmiah yang relevan (Mcneill, 2011).

Setelah adanya penjabaran mengenai pola-pola dalam argumentasi ilmiah, penulis menggunakan pola argumentasi ilmiah dari Mcneill *et al* (2006). Hal ini didasarkan bahwa pola argumentasi ilmiah menurut Mcneill *et al* (2006) lebih selaras dengan standar pendidikan menengah dan menciptakan model pengajaran yang lebih mudah diakses oleh guru dan siswa menengah. Dikarenakan model Toulmin cukup sulit untuk ditafsirkan pada saat-saat tertentu oleh para peneliti bahkan filsuf. Sehingga, pola argumentasi Mcneill *et al* (2006) bertujuan untuk mengurangi kerumitan pada siswa dan memfokuskan perhatiaan siswa pada fitur tugas yang relevan sehingga lebih mudah dalam menyusun argumentasi ilmiah (Mcneill *et al.*, 2006).

2.1.1.3 Indikator Kemampuan Argumentasi Ilmiah

Adapun indikator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan pola argumentasi ilmiah Mcneill *et al* (2006) yang terdiri dari 3 komponen pola argumentasi ilmiah yaitu sebagai berikut:

- 1) *Claim* (Klaim) merupakan suatu pernyataan atau kesimpulan yang menjawab pernyataan atau pertanyaan mengenai suatu fenomena.
- 2) *Evidence* (Bukti) merupakan bukti ilmiah yang mendukung klaim tersebut. Bukti ini dapat berasal dari suatu penyelidikan atau dari sumber lain seperti pengamatan, bahan bacaan, atau data yang diarsipkan. Bukti tersebut harus sesuai dan cukup untuk mendukung *claim*.
- 3) *Reasoning* (Alasan/Penalaran) merupakan pbenaran yang menunjukkan mengapa bukti tersebut dianggap sebagai bukti yang mendukung klaim. Komponen penalaran bertujuan untuk mendorong siswa agar mengartikulasikan logika dibalik alasan mempercayai bukti yang mendukung klaim tersebut. Penalaran ini juga dapat berupa hubungan antara *claim* dan *evidence* dengan memasukkan prinsip-prinsip ilmiah yang sesuai.

Dari pernyataan di atas, dapat disimpulkan bahwa komponen-komponen tersebut merupakan komponen utama yang harus termuat dalam suatu argumentasi

ilmiah agar argumentasi ilmiah yang disusun ataupun disampaikan dapat bersifat valid dan dapat diterima.

2.1.1.4 Cara Pengukuran Kemampuan Argumentasi Ilmiah

Kemampuan argumentasi ilmiah dapat diukur menggunakan instrumen dengan teknik tes yang berupa uraian atau non-tes berupa observasi diskusi maupun presentasi. Pada penelitian ini instrumen yang digunakan yaitu teknik tes berupa soal uraian dikarenakan memiliki rubrik penilaian yang jelas, sehingga dapat dinilai secara objektif dan konsisten (Mcneill, 2011). Selain itu, menurut Sampson *et al* (2011) penggunaan instrumen dengan teknis tes dapat menunjukkan perkembangan kemampuan argumentasi siswa secara sistemik.

2.1.2 *Self-Efficacy*

6.1.2.1 Pengertian *Self-Efficacy*

Dalam menghadapi tantangan di era revolusi industri 4.0 dan mencapai suatu tujuan pembelajaran yang maksimal, diperlukan komponen pendukung salah satunya keyakinan siswa dalam proses pembelajaran serta kehidupan sehari-hari. Keyakinan seseorang terhadap kemampuan dirinya sendiri akan berpengaruh terhadap seberapa ulet dan tahannya seseorang dalam mengerjakan sesuatu baik ada maupun tidaknya rintangan. Keyakinan tersebut dikenal sebagai *self-efficacy*.

Pencetus teori *self-efficacy*, Bandura (1995) menyatakan bahwa “*Self-efficacy* merupakan keyakinan seseorang akan kemampuannya untuk mengatur dan melaksanakan tindakan yang diperlukan untuk menghasilkan suatu pencapaian tertentu”. Menurut Novena & Kriswandani (2018) *Self-efficacy* atau efikasi diri mengacu pada keyakinan sejauh mana individu dapat memperkirakan kemampuan dirinya dalam melaksanakan tugas atau melakukan suatu tugas yang diperlukan guna mencapai suatu hasil tertentu. Keyakinan akan seluruh kemampuan ini meliputi kepercayaan diri, kemampuan menyesuaikan diri, kapasitas kognitif, kecerdasan, dan kapasitas bertindak pada situasi yang penuh tekanan.

Kemudian Bandura (1997) menyatakan bahwa keyakinan seseorang terhadap kemampuan dirinya sendiri merupakan faktor kunci dari kapasitas seseorang dalam melakukan sesuatu. Pernyataan tersebut didukung oleh temuan

bahwa *self-efficacy* sangat penting dalam kehidupan manusia, sebab *self-efficacy* dapat menentukan dan mempengaruhi banyak aspek kehidupan, termasuk potensi dalam menghadapi situasi yang menimbulkan stress (*stressor*) dalam hal menghadapi lingkungan baru dan kinerja akademik (Wahyuni *et al.*, 2024).

Berdasarkan pendapat para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa *self-efficacy* merupakan keyakinan seseorang terhadap kemampuan yang dimilikinya dalam mengerjakan suatu pekerjaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan dengan berbagai situasi dan rintangan yang harus dihadapi. *Self-efficacy* sangat penting dalam proses pembelajaran karena akan berpengaruh terhadap kemampuan diri menyelesaikan berbagai tuntutan akademik.

Indikator yang digunakan pada penelitian ini yaitu merujuk pada indikator oleh Bandura (1997). Sebab, *self-efficacy* dikembangkan oleh Albert Bandura sebagai bagian dari teori yang lebih luas, yakni teori kognitif sosial. Teori kognitif sosial diturunkan dari teori pembelajaran sosial. Teori ini menyatakan bahwa apabila manusia terpacu untuk mempelajari perilaku tertentu, mereka akan belajar melalui pengamatan dan peniruan tindakan-tindakan tertentu. Dugaannya yakni manusia akan beradaptasi dengan faktor-faktor yang disukai dari lingkungannya, seraya mencoba mengubah faktor-faktor yang tidak disukai (Bandura, 1997).

6.1.2.2 Indikator *Self-Efficacy*

Untuk mengukur tingkat *self-efficacy* seseorang maka diperlukan indikator yang digunakan sebagai alat ukur. Indikator *self-efficacy* mengacu pada dimensi *self-efficacy* dalam diri seseorang yang dikategorikan menjadi tiga, seperti yang diungkapkan oleh Bandura (1997) bahwa *self-efficacy* dibedakan menjadi tiga dimensi yang terdiri dari:

- 1) *Level/magnitude*, dimensi ini merujuk pada tingkat kesulitan tugas yang mampu dihadapi seseorang. Setiap orang tentu memiliki perbedaan kemampuan dan keyakinan dalam menangani sebuah persoalan dengan tingkat kesulitan yang beragam.
- 2) *Strength*, dimensi ini merujuk pada tingkat kekuatan keyakinan seseorang terhadap kemampuan sendiri, serta kemampuannya untuk tetap bertahan dalam

berbagai situasi meskipun menghadapi banyak kesulitan dan selalu melakukan berbagai upaya untuk mencapai keberhasilan.

- 3) *Generality*, dimensi ini merujuk pada kemampuan seseorang dalam menerapkan keyakinan dan keterampilannya dalam berbagai situasi yang berbeda. Hal ini mencakup kemampuan untuk mengevaluasi pengalaman sebelumnya dan menggunakannya dalam menhadapi tantangan atau situasi yang akan datang.

Adapun penjelasan lebih lanjut mengenai indikator *self-efficacy* dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Indikator *Self-Efficacy*

Variabel	Indikator/Dimensi	Sub Indikator
<i>Self-Efficacy</i>	<i>Level/Magnitude</i> (Tingkat kesulitan dalam mengerjakan tugas)	<ol style="list-style-type: none"> Yakin dapat menyelesaikan setiap tugas yang dihadapi dengan baik. Selalu terbuka dan merasa mampu memahami setiap materi yang disampaikan
	<i>Strength</i> (Tingkat kekuatan seseorang bertahan menghadapi berbagai situasi)	<ol style="list-style-type: none"> Mencoba banyak hal untuk dapat memahami materi. Perasaan pantang menyerah meski menghadapi tugas yang sulit.
	<i>Generality</i> (Tingkat keyakinan dan keterampilan dalam mengeneralisasikan dan mengevaluasi pengalaman sebelumnya)	<ol style="list-style-type: none"> Menjadikan kegagalan sebagai motivasi untuk tetap berkembang. Mengevaluasi setiap proses yang telah dilalui.

Sumber: Bandura, 1997 dalam (Tamara, 2024)

6.1.2.3 Cara Pengukuran *Self-Efficacy*

Adapun cara untuk mengukur *self-efficacy* umumnya dilakukan menggunakan instrumen dengan teknik non-tes berupa angket atau skala penilaian diri. Pendekatan ini sesuai dengan pengertian *self-efficacy* oleh Albert Bandura, yakni keyakinan individu terhadap kemampuannya dalam mengorganisasi dan melaksanakan tindakan yang diperlukan untuk mencapai hasil tertentu. Selain itu, *Self-efficacy* merupakan persepsi atau keyakinan internal individu, bukan kemampuan objektif yang dapat diukur melalui tes kinerja (Bandura, 1997).

6.1.2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi *Self-Efficacy*

Self-efficacy dalam diri seseorang tidak bersifat tetap, tetapi dapat dikembangkan melalui pengalaman dan lingkungan sosial. Menurut Bandura (1997), *self-efficacy* dapat dikembangkan melalui empat jalur utama, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pengalaman Penguasaan (*Mastery Experiences*) merupakan sumber paling kuat, sebab ketika seseorang berhasil melakukan suatu tugas atau mengatasi tantangan, kepercayaan dirinya terhadap kemampuan tersebut akan meningkat.
- 2) Keadaan emosional dan Fisiologis (*Emotional & Physiological States*), emosi positif seperti rasa senang dan antusiasme dapat memperkuat keyakinan terhadap diri individu, sementara emosi negatif seperti kecemasan atau kelelahan dapat melemahkannya. Misalnya, ketika siswa merasa gembira setelah berkontribusi dalam tugas kelompok, hal itu memperkuat efikasi dirinya dalam situasi serupa di masa depan.
- 3) Persuasi Sosial (*Social Persuasion*), mengacu pada dorongan eksternal berupa motivasi dari orang lain, seperti guru, teman, pelatih, atau keluarga yang meyakinkan seseorang bahwa mereka mampu melakukan sesuatu.
- 4) Pengalaman Perwakilan (*Vicarious Experiences*), diperoleh saat individu melihat orang lain yang memiliki kesamaan karakteristik berhasil melakukan suatu tugas, sehingga menumbuhkan keyakinan bahwa individu tersebut pun mampu.

Oleh karena itu, keempat jalur pengembangan *self-efficacy* ini bekerja secara sinergis dalam membentuk keyakinan individu terhadap kemampuannya.

Pengembangan *self-efficacy* yang optimal dapat meningkatkan motivasi, ketekunan, ketahanan terhadap kegagalan, dan pencapaian prestasi. Dalam konteks pendidikan, hal ini sangat penting karena siswa dengan *self-efficacy* tinggi lebih mampu menetapkan tujuan belajar yang menantang, motivasi belajar, mengelola emosi dalam menghadapi kesulitan, serta lebih percaya diri dalam mengambil keputusan dan menyelesaikan tugas secara mandiri. Sehingga, guru dan lingkungan pendidikan perlu secara sadar menciptakan pengalaman belajar yang positif, suportif, dan memungkinkan siswa untuk membangun *self-efficacy* secara berkelanjutan.

2.1.3 Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

2.1.3.1 Pengertian Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

Model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) dikembangkan oleh Sampson & Clark (2009) yang bertujuan untuk penggunaan argumentasi pada pembelajaran sains yang didasarkan pada pola-pola argumentasi para peneliti terdahulu. Model Pembelajaran ADI merupakan model pembelajaran yang didasarkan pada teori pembelajaran konstruktivisme sosial yang dirancang untuk memberikan siswa kesempatan guna mengembangkan metode sendiri dan menerapkannya pada investigasi, mengumpulkan dan menganalisis data, mengkomunikasikan dan menjustifikasi ide-ide, menulis laporan, berbagi dan mendokumentasikan pekerjaan mereka dan terlibat dalam tinjauan sejawat maka, para siswa memiliki rasa kepemilikan atas kegiatan pembelajaran mereka sehingga akan menghasilkan pembelajaran yang lebih edukatif (Sampson & Clark, 2009).

Model ADI ialah model pembelajaran inkuiri yang menitikberatkan pada partisipasi siswa melalui kegiatan investigasi sehingga menjadikan siswa lebih ilmiah, otentik, dan kritis di mana pembelajaran inkuiri dapat menjadi strategi yang mampu mendorong siswa bereksplorasi dan memahami konten sains serta dapat mengembangkan diri siswa sebagai pelajar yang mandiri dan termotivasi Utami *et al.*, 2022). Implementasi model ADI bagi siswa dapat menciptakan suasana kelas yang lebih aktif dan responsif, melatih kemampuan berargumen dengan melakukan tahapan analisis eksperimen sederhana dengan objek nyata atau fenomena disekitar

lingkungan mereka sehingga dapat memunculkan kesan tersendiri dalam pembelajarannya (Rhahmadanny *et al.*, 2024).

Model ADI dapat dijadikan sebagai model pembelajaran alternatif yang dikembangkan untuk melatih kemampuan argumentasi ilmiah secara eksplisit sebagai strategi pembelajaran meningkatkan penguasaan konsep dan kemampuan argumentasi siswa karena model ini dinilai sangat efektif sebagai upaya mengembangkan kemampuan penalaran ilmiah siswa berdasarkan kegiatan inkuiiri dalam pembelajaran dan proses pembelajaran. Sehingga, Model ADI dapat diartikan sebagai model pembelajaran inkuiiri berbasis argumentasi dimana siswa terlibat aktif dan berkolaborasi dalam penyelidikan ilmiah sehingga dapat mengembangkan argument yang dapat mendukung dan menjawab suatu fenomena. Maka dari itu, pembelajaran akan lebih edukatif, dan memberikan pengalaman bermakna.

2.1.3.2 Teori Konstruktivisme sebagai Teori Pendukung Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry (ADI)*

Teori belajar konstruktivisme menjadi landasan dari model pembelajaran ADI (Sampson & Clark, 2009). Teori ini menyatakan bahwa pembelajaran melibatkan dua proses utama yaitu proses personal dan proses sosial. Proses sosial dalam pembelajaran bergantung pada interaksi yang bersifat mendidik dan memberikan dukungan dari orang lain, sementara proses personal berkaitan dengan bagaimana individu membangun sendiri pemahaman dan pengetahuannya (Eymur, 2018).

Secara epistemologi konstruktivisme mengasumsikan bahwa siswa membangun pengetahuan mereka sendiri berdasarkan interaksi dengan lingkungan mereka. Konstruktivisme merupakan teori belajar yang berkeyakinan bahwa seseorang secara aktif membangun atau membuat pengetahuan sendiri dan realitas ditentukan oleh pengalaman orang itu sendiri serta berfokus pada proses konstruksi pengetahuan dan bahwa tujuan pembelajaran harus ditentukan dari tugas otentik dengan spesifik tujuan. Oleh karena itu, pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial dan pengalaman langsung (Sugrah, 2019). Dalam model pembelajaran ADI, siswa tidak hanya menerima informasi, melainkan diberi kesempatan untuk

mengembangkan sendiri cara-cara mereka untuk melakukan penyelidikan ilmiah, seperti merancang penyelidikan, mengumpulkan data, menyusun argumen, dan menyampaikan hasilnya.

2.1.3.3 Sintaks Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

Sampson *et al.*, (2014) telah mengembangkan model intruksional dari model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI). Adapun rangkaian sintaks dari model ADI berdasarkan model intruksional yang telah dirancang oleh Sampson *et al* (2014) terdiri dari:

- 1) Identifikasi tugas. Guru memulai kegiatan pembelajaran dengan mengidentifikasi fenomena yang akan diselidiki dan pertanyaan panduan untuk dijawab oleh siswa. Tujuan guru pada tahap model ini yaitu untuk menarik minat siswa dan memberi mereka alasan untuk merancang dan melaksanakan penyelidikan.
- 2) Merancang metode dan mengumpulkan data. Pada sintaks ini, siswa mulai berkolaborasi dan berdiskusi secara berkelompok untuk menentukan metode penyelidikan dan memahami fenomena yang diberikan. Kemudian, dilanjut dengan mengumpulkan data sesuai dengan metode penyelidikan yang digunakan.
- 3) Analisis data dan pengembangan argumen tentatif. Siswa melakukan analisis data terhadap data yang telah dikumpulkan dan mulai menyusun argumen sementara sebagai respons terhadap pertanyaan panduan dan hasil dari analisis data yang telah dikumpulkan. Argumen ini mengandung komponen *claim*, *evidence*, dan *reasoning*.
- 4) Sesi argumentasi. Setiap kelompok diberi kesempatan untuk berbagi, mengevaluasi, dan merevisi argumen sementara mereka dengan kelompok lain.
- 5) Diskusi eksplisit dan reflektif. Guru memimpin diskusi kelas secara menyeluruh selama tahap model ini. Siswa diberi kesempatan untuk berbagi apa yang mereka pelajari tentang fenomena yang sedang diselidiki. Guru dapat mengklarifikasi kesalahpahaman siswa tentang konten dan untuk menyoroti dan membahas konsep lintas bidang yang menjadi inti penyelidikan.

- 6) Menulis laporan investigasi. Setiap siswa diminta untuk menulis laporan investigasi menggunakan argumen kelompoknya yang dikembangkan dan kemudian dievaluasi oleh teman sekelasnya selama sesi argumentasi.
- 7) Ulasan kelompok sejawaat secara *double-blind* group *peer-review*. Guru secara acak akan membagikan laporan untuk setiap kelompok. Laporan akan diulas oleh kelompok sejawaat yang bersifat anonim dan secara objektif dengan menggunakan panduan yang diberikan guru.
- 8) Revisi dan penyerahan laporan investigasi. Tahap akhir dalam model pembelajaran ADI adalah merevisi laporan berdasarkan saran dan masukan yang diberikan selama *peer-review*. Kemudian mengumpulkan laporan kepada guru.

2.1.3.4 Kelebihan Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

Adapun kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) yaitu sebagai berikut:

- 1) Dapat meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa, di mana siswa diberikan kesempatan untuk melatih keterampilan berpikir kritis melalui proses penyusunan argumen berbasis klaim, bukti, dan alasan sehingga, hal ini secara signifikan dapat meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa (Epriliyani & Deta, 2024).
- 2) Mendukung penguasaan konsep dan keterampilan ilmiah, model ADI ini dapat membantu siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak melalui pengumpulan data, analisis data, dan pemecahan masalah (Anazifa *et al.*, 2024).
- 3) Memfasilitasi pembelajaran aktif dan kolaboratif. Proses pembelajaran dengan ADI mendorong siswa untuk lebih aktif dalam diskusi, analisis data, dan penyelesaian masalah secara kolaboratif. Hal ini memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya dibandingkan dengan metode tradisional (Epriliyani & Deta, 2024).

Dengan demikian, model ADI yang diterapkan dan dibiasakan di sekolah akan melatih kemampuan siswa dan mendukung pemahaman konsep, kemampuan berargumen berdarkan fakta dan data, keyakinan diri akan kemampuannya, serta siswa terbiasa untuk belajar secara aktif dan kolaboratif.

2.1.3.5 Kekurangan Model Pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI)

Meskipun model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) memiliki banyak kelebihan yang dapat meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan siswa. Namun, model ini masih terdapat beberapa kekurangan diantaranya, membutuhkan waktu yang lebih lama dikarenakan memiliki sintaks yang cukup banyak yang melibatkan diskusi, analisis data, dan penyusunan argumen. Selain itu, tidak semua siswa memiliki kemampuan yang sama dalam berargumentasi. Siswa dengan keterampilan komunikasi rendah akan mengalami kesulitan dalam mengikuti proses pembelajaran berbasis ADI yang akhirnya dapat menyebabkan ketimpangan dalam hasil belajar (Kuki *et al.*, 2023).

Untuk mengatasi kekurangan-kekurangan pada model pembelajaran ADI, guru perlu merancang perencanaan yang lebih terstruktur yaitu dengan membagi sintaks model pembelajaran ADI menjadi 2 pertemuan dengan mengalokasikan waktu khusus untuk setiap tahapannya. Selain itu, guru perlu memberikan penjelasan mengenai cara menyusun argumentasi ilmiah dan memonitoring siswa serta meyakinkannya untuk percaya diri dan aktif selama pembelajaran berlangsung.

2.1.4 Materi Ekosistem

A. Ekosistem dan Interaksi Antarkomponennya

Menurut Undang-undang Lingkungan hidup (UULH, 1982) ekosistem merupakan tatanama kesatuan secara utuh menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Ekosistem didefinisikan sebagai interaksi mahluk hidup dengan lingkungannya (biotik dan abiotik) yang masing-masing komponennya bersifat saling mempengaruhi dan diperlukan keberadaannya untuk memelihara kehidupan yang seimbang, selaras dan harmonis (Maknun, 2017).

1) Faktor Biotik

Faktor biotik ini berupa mahluk hidup atau organisme yang ada dalam suatu ekosistem (Utomo *et al.*, 2015). Komponen biotik dibedakan menjadi 3 golongan (Maknun, 2017) yaitu sebagai berikut,

- a. Produsen merupakan organisme yang dapat menghasilkan makanannya sendiri, contohnya tumbuhan hijau melalui proses fotosintesis. Makanan tersebut dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan itu sendiri maupun mahluk hidup lainnya. Sehingga, produsen berperan sebagai sumber energi utama bagi organisme lain.
- b. Konsumen merupakan organisme yang tidak dapat membuat makanannya sendiri di dalam tubuhnya. Organisme ini mendapatkan zat-zat organik yang dibentuk oleh produsen maupun konsumen lain yang menjadi mangsanya. Konsumen dikelompokkan menjadi sebagai berikut,
 1. Herbivora yaitu organisme pemakan tumbuhan seperti, kambing, sapi, dan kerbau.
 2. Karnivora yaitu organisme pemakan daging seperti, singa, elang, dan srigala.
 3. Omnivora, organisme pemakan tumbuhan dan daging seperti, ayam.
- c. Dekomposer merupakan organisme yang berperan sebagai pengurai yang dapat menguraikan zat-zat organik seperti bangkai menjadi zat-zat organik penyusunnya.

2) Faktor Abiotik

Faktor abiotik di muka bumi bervariasi dan didasarkan pada ruang dan waktu, dimana jika kondisi-kondisi fisik di suatu tempat tidak memungkinkan spesies hidup dan bereproduksi, maka spesies tersebut tidak akan ditemukan di habitat tersebut. Berikut faktor-faktor abiotik dalam ekosistem (Campbell *et al.*, 2010) yaitu:

a. Suhu

Suhu lingkungan menjadi faktor penting dalam kelangsungan hidup suatu organisme sebab sangat berpengaruh terhadap proses biologisnya. Hanya sedikit organisme yang dapat mempertahankan metabolisme aktif pada suhu yang sangat rendah ataupun sangat tinggi, Namun, beberapa spesies memiliki adaptasi yang luar biasa yang memungkinkan hidup di kawasan tersebut.

b. Air

Ketersediaan air di dalam suatu ekosistem merupakan suatu faktor penting dalam distribusi spesies. Air berperan dalam pengaturan keseimbangan ekosistem, sumber makanan, dan berperan dalam siklus air. Spesies yang hidup di lahan basah atau pesisir dapat terdesikasi pada waktu pasang surut.

c. Salinitas

Salinitas merupakan kadar garam air di lingkungan yang sangat mempengaruhi keseimbangan air suatu organisme melalui proses osmosis. Umumnya organisme akuatik hidup terbatas di habitat air laut ataupun air tawar sebab memiliki keterbatasan untuk berosmoregulasi.

d. Sinar Matahari

Sinar matahari diperlukan oleh organisme fotosintetik untuk diserap dan dapat menyediakan energi serta sinar matahari yang terlalu sedikit dapat membatasi distribusi spesies fotosintetik.

e. Bebatuan dan Tanah

PH, struktur fisik bebatuan, komposisi mineral, dan tanah dapat membatasi distribusi tumbuhan yang berakibat pada distribusi hewan pemakan tumbuhan. Hal tersebut dapat menciptakan ketidakseragaman pada ekosistem darat.

3) Interaksi Antarkomponen dalam Ekosistem

Interaksi merupakan hubungan antara makhluk hidup yang satu dengan yang lainnya. Terdapat dua macam interaksi berdasarkan jenis organisme yaitu intraspesies dan interspesies. Interaksi intraspesies ialah hubungan antara organisme yang berasal dari satu spesies yang sama, sedangkan interaksi interspesies adalah hubungan yang terjadi antara organisme yang berasal dari spesies yang berbeda (Fitri *et al.*, 2021). Interaksi antarkomponen ekologi terdiri dari (Maknun, 2017):

a. Interaksi Antarorganisme

Setiap individu akan selalu berhubungan dengan individu lain yang sejenis atau lain jenis, baik individu dalam satu populasinya atau individu-individu dari populasi lain. Hal tersebut disebabkan karena semua mahluk hidup selalu bergantung satu sama lain. Interaksi-interaksi tersebut diantaranya yaitu:

1. Netral merupakan hubungan yang tidak saling mengganggu antarorganisme dalam habitat sama dan bersifat tidak menguntungkan serta tidak merugikan kedua belah pihak. Contohnya kambing dan ayam (Maknun, 2017) yang dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Kambing dan ayam pada suatu ekosistem bersifat netral
Sumber: Kompas.com

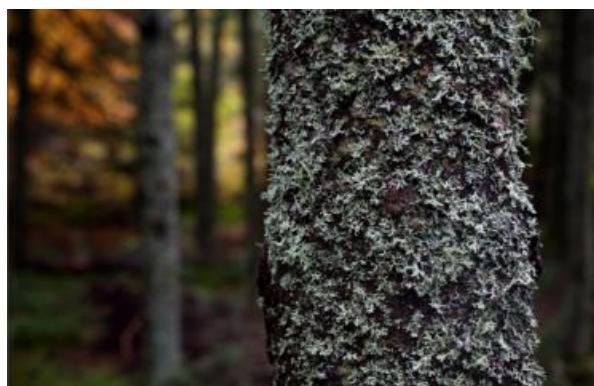
2. Predasi merupakan hubungan antara mangsa dan pemangsa (predator). Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tidak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa (Maknun, 2017). Contohnya beruang kutub dan anjing laut yang dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2. 2 Beruang kutub memangsa anjing laut
Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

3. Simbiosis mutualisme merupakan hubungan antara dua jenis makhluk hidup yang saling menguntungkan, bila keduanya berada pada satu tempat akan hidup layak tapi bila keduanya berpisah masing-masing jenis tidak dapat hidup layak (Fitri *et al.*, 2021). Contohnya lumut kerak yang dapat dilihat pada gambar 2.3 merupakan contoh hubungan mutualistik antara jamur dan alga fotosintetik atau *cyanobacteria*. Dimana glukosa yang diproduksi oleh alga menyediakan

nutrisi bagi kedua organisme, sedangkan struktur fisik lumut melindungi alga dan memudahkan alga untuk membuat nutrisi tertentu dari atmosfer. Alga dapat hidup jika diberi lingkungan yang tepat, namun banyak jamur yang menjadi mitra tidak dapat hidup sendiri (Brouwer *et al.*, 2024).



Gambar 2. 3 Lumut kerak merupakan hubungan mutualistik antara jamur dengan alga fotosintetik

Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

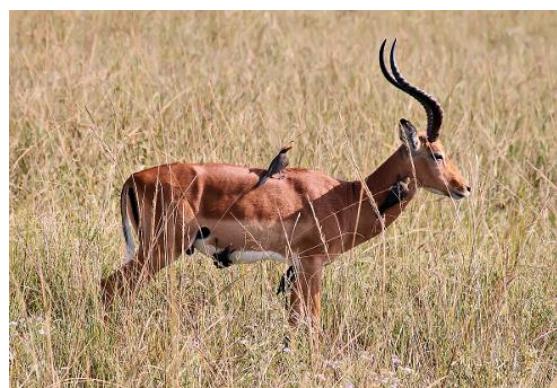
4. Simbiosis Komensalisme merupakan hubungan antara dua makhluk hidup yang sangat erat dan berkepanjangan dimana makhluk hidup yang satu mendapat keuntungan sedang yang lainnya tidak dirugikan ataupun diuntungkan (Fitri *et al.*, 2021). Contohnya burung yang bersarang dipeohonan yang dapat dilihat pada gambar 2.4. Pohon tidak dirugikan dengan adanya sarang-sarang burung karena ringan dan menghasilkan sedikit tekanan pada struktural cabang ataupun daun. Sebaliknya, burung memperoleh banyak keuntungan yaitu sebagai tempat menyimpan telur ataupun anaknya agar terhindar dari predator (Brouwer *et al.*, 2024).



Gambar 2. 4 Burung yang bersarang dipohon

Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

5. Protokooprasi merupakan interaksi antara dua spesies atau lebih yang masing-masing pihak memperoleh keuntungan, tetapi interaksi yang terjadi bukan merupakan suatu keharusan. Contohnya kerbau dengan burung jalak atau burung pelatuk merah dengan impala (gambar 2.5). Burung pelatuk merah mendapatkan keuntungan berupa kutu sebagai makanannya, tetapi burung peatuk merah bisa mendapatkan makanan dari sumber lainnya, misalnya semut, ulat, dan belalang. Sementara itu, impala mendapatkan keuntungan karena terbebas dari kutu (Irnaningtyas & Sagita, 2021).



Gambar 2. 5 Interaksi impala dengan burung pelatuk merah
Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

6. Simbiosis parasitisme merupakan hubungan yang hanya menguntungkan satu jenis makhluk hidup saja, sedangkan jenis lainnya dirugikan (Fitri *et al.*, 2021). Parasit dapat mengurangi kebugaran dan memodifikasi perilaku inang. Parasit meningkatkan kebugarannya sendiri dengan memanfaatkan inang untuk mendapatkan sumberdaya yang diperlukan untuk kelangsungan hidupnya. Contohnya kutu rambut manusia (Brouwer *et al.*, 2024) pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Kutu rambut manusia
Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

7. Kompetisi merupakan bentuk hubungan yang terjadi akibat adanya keterbatasan sumber daya alam pada suatu tempat sehingga menyebabkan persaingan antar organisme untuk memperebutkan sumber daya tersebut (Fitri *et al.*, 2021). Kompetisi ini terdiri dari:

a) Kompetisi intraspesifik yaitu interaksi antar spesies yang sama dalam suatu populasi bersaing untuk mendapatkan sumber daya yang terbatas. Hal ini menyebabkan penurunan kebugaran dari dua individu yang mana individu yang lebih kuat akan bertahan dan mampu bereproduksi. Contohnya rusa jantan yang saling beradu tanduk untuk mempertahankan wilayahnya (Brouwer *et al.*, 2024) pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2. 7 Rusa Jantan yang saling berebut kekuasaan

Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

b) Kompetisi interspesifik yaitu interaksi yang terjadi ketika anggota spesies yang berbeda bersaing untuk mendapatkan sumberdaya yang terbatas di wilayah yang sama. Contohnya singa jantan dan hyena (Brouwer *et al.*, 2024) pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2. 8 Kompetisi antara singa jantan dan hyena

Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

b. Interaksi Antarpopulasi

Dalam suatu populasi selalu terjadi interaksi secara langsung atau tidak langsung dalam komunitasnya. Contoh interaksi antarpopulasi (Fitri *et al.*, 2021) adalah sebagai berikut:

- a) Alelopati merupakan interaksi antarpopulasi, ketika populasi yang satu menghasilkan zat yang dapat menghalangi tumbuhnya populasi lain. Contohnya, di sekitar pohon walnut jarang ditumbuhi tumbuhan lain karena tumbuhan walnut menghasilkan zat yang bersifat toksik. Adapun pada mikroorganisme, istilah alelopati dikenal sebagai anabiosa contohnya, jamur *Penicillium sp.* yang dapat menghasilkan antibiotika sehingga, akan menghambat pertumbuhan bakteri tertentu.
- b) Kompetisi juga merupakan salah satu interaksi antarpopulasi, jika antarpopulasi terdapat kepentingan yang sama sehingga terjadi persaingan untuk mendapatkan apa yang diperlukan. Contohnya persaingan antara populasi kambing dengan populasi sapi di padang rumput.

B. Aliran Energi dan Daur Biogeokimia

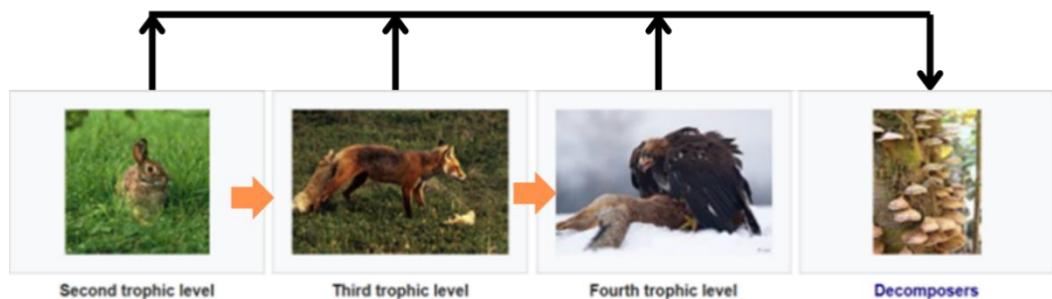
1. Aliran Energi

Matahari adalah sumber energi bagi seluruh makhluk hidup yang ada di muka bumi. Matahari berperan dalam proses fotosintesis bagi tumbuhan hijau. Energi kimia hasil fotosintesis yang disimpan oleh tumbuhan sebagai produsen akan berpindah ke beberapa konsumen hingga ke pengurai di dalam tanah. Perubahan energi pada suatu ekosistem tersebut disebut aliran energi. Pada ekosistem, aliran energi terjadi dalam peristiwa rantai makanan, jaring-jaring makanan, tingkat trofik, dan piramida ekologi (Kusmaningrum & Nuraini, 2023).

a) Rantai Makanan

Rantai makanan ialah perpindahan energi makanan dari sumber daya tumbuhan melalui seri organisme atau melalui jenjang makan yaitu produsen dan konsumen (herbivora dan karnivora). Pada setiap tahap pemindahan energi, 80-90% energi potensial hilang sebagai panas, oleh sebab itu, langkah-langkah dalam rantai makanan terbatas 4-5 langkah saja. Dengan kata lain, semakin pendek rantai

makanan semakin besar pula energi yang tersedia (Fitri *et al.*, 2021) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Ekosistem Terrestrial

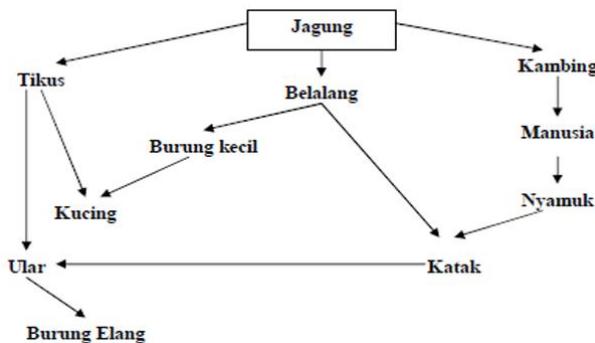
Sumber: Brouwer *et al.*, (2024)

Gambar 2.9 di atas menunjukkan contoh spesies yang ditemukan disetiap tingkat trofik ekosistem terrestrial, tingkat trofik 1 ditempati oleh tumbuhan hijau, tingkat trofik 2 ditempati oleh herbivora yang disebut konsumen primer, disini terdapat spesies kelinci. Tingkat trofik 3 merupakan karnivora yang memakan spesies herbivora yang disebut konsumen sekunder, terdapat spesies rubah, Terakhir yaitu trofik 4 merupakan trofik puncak yang disebut konsumen tersier, yang ditempati oleh elang emas. Dekomposer berperan sebagai pengurai, yang menguraikan zat- zat organik (dari bangkai) menjadi zat-zat organik penyusunnya. Dekomposer terdapat disetiap trofik yang dapat menguraikan bangkai spesies yang telah mati.

Tingkat trofik menentukan posisi spesifik makhluk hidup dalam rantai makanan. Jumlah energi yang ditransfer menurun di setiap tingkatan trofik. Hanya 10% energi ditransfer dari satu tingkatan trofik ke lainnya. Produsen umumnya berada di tingkat trofik pertama. Adapun konsumen primer berada di tingkat trofik kedua. Begitu seterusnya hingga tingkat konsumen terakhir. Dengan cara ini, energi mengalir dari satu tingkat trofik ke lainnya dalam suatu ekosistem dan jumlah energi menurun pada setiap tingkat trofik berturut-turut. (Kusmaningrum & Nuraini, 2023).

b) Jaring-Jaring Makanan

Tentunya di ekosistem terdapat organisme yang memakan lebih dari satu organisme. Sehingga, rantai makanan akan terlihat saling silang (jaring-jaring). Jaring-jaring makanan merupakan kumpulan dari rantai makanan (Sandika, 2021). Perhatikan gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2. 10 Gambar Jaring-jaring makanan
Sumber: (Sandika, 2021)

Gambar 2.10 menunjukkan proses saling memakan yang semua berpangkal pada tumbuhan dan panah-panah tersebut saling terjalin dan adanya keterkaitan antar mahluk hidup di dalam ekosistem yang saling bergantung. Semakin kompleks jaring-jaring makanan yang terbentuk, maka tingkat kestabilan ekosistem akan semakin tinggi (Maknun, 2017).

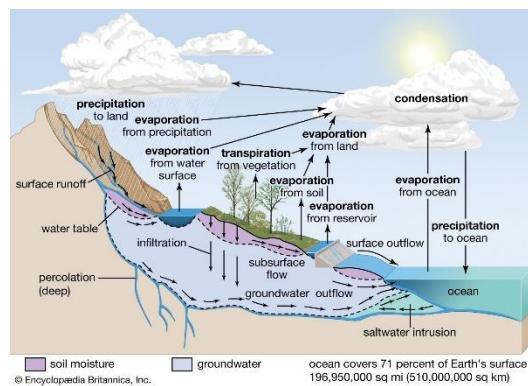
2. Daur Biogeokimia

Biogeokimia merupakan pertukaran atau perubahan yang berkelanjutan, antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup. Fungsi daur biogeokimia adalah sebagai siklus materi yang melibatkan semua unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi tetap terjaga. Terdapat beberapa macam daur biogeokimia yaitu sebagai berikut:

1) Siklus Air

Air penting sekali untuk semua organisme dan ketersediaannya memengaruhi laju proses-proses ekosistem terutama produksi primer dan dekomposisi di ekosistem darat. Proses-proses utama yang mendorong siklus air ialah evaporasi air cair oleh energi surya, kondensasi uap air menjadi awan, dan

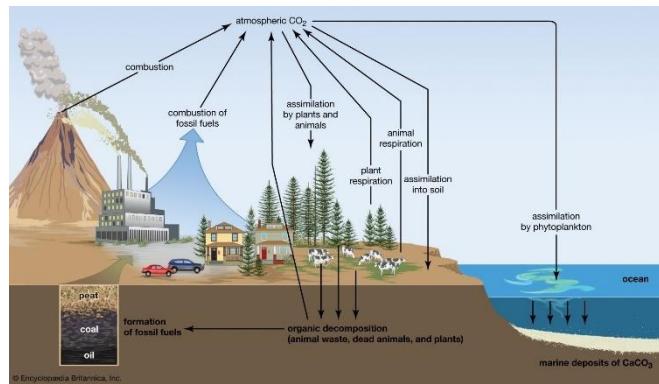
hujan. Transpirasi oleh tumbuhan darat juga menggerakkan cukup banyak air ke atmosfer. Aliran permukaan dan air tanah dapat mengembalikan air ke lautan, sehingga menuntaskan siklus air (Campbell *et al.*, 2010) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2. 11 Siklus Air
Sumber: Britanica.com

2) Siklus Karbon

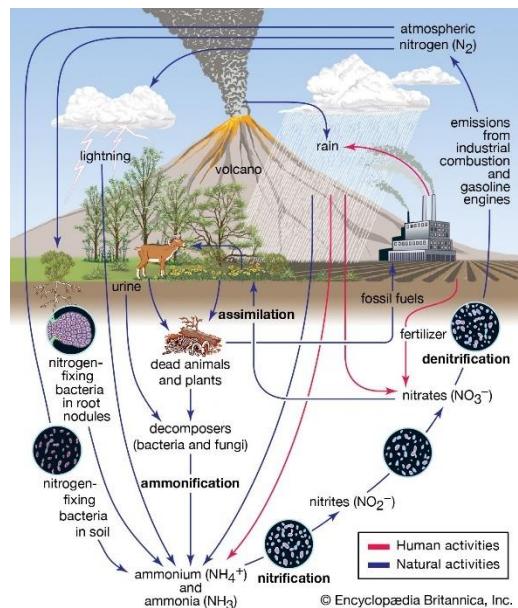
Karbon membentuk kerangka molekul-molekul organik yang esensial untuk semua organisme. Organisme-organisme fotosintetik memanfaatkan CO₂ selama fotosintesis dan mengonversi karbon menjadi bentuk-bentuk organik yang digunakan oleh konsumen, termasuk hewan, fungi, serta protista dan prokariota heterotrofik. Prosesnya yaitu fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton memindahkan banyak sekali CO₂ dari atmosfer setiap tahun. Kuantitas ini kira-kira sebanding dengan CO₂ yang ditambahkan ke atmosfer melalui respirasi selular oleh produsen dan konsumen. Dalam jangka waktu geologis, gunung berapi juga merupakan sumber CO₂ yang substansial. Pembakaran bahan bakar fosil menambahkan cukup banyak CO₂ tambahan ke atmosfer (Campbell *et al.*, 2010) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Siklus Karbon
Sumber: Britanica.com

3) Siklus Nitrogen

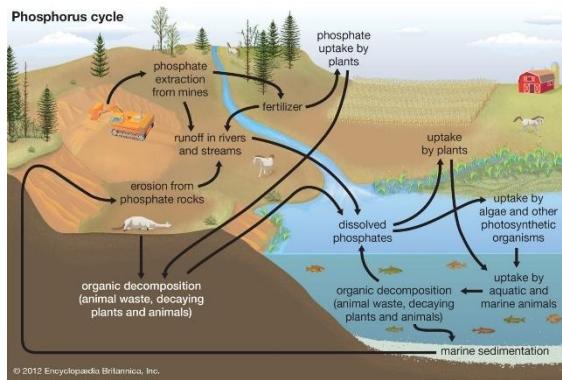
Nitrogen merupakan bagian dari asam amino, protein, dan asam nukleat, dan seringkali menjadi nutrien pembatas pada tumbuhan. Tumbuhan dapat menggunakan dua bentuk nitrogen anorganik-amonia (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) dan beberapa bentuk organik, seperti asam amino. Berbagai bakteri dapat menggunakan semua bentuk ini dan nitrit (NO_2^-). Hewan hanya dapat menggunakan bentuk-bentuk nitrogen organik. Prosesnya yaitu jalur utama bagi nitrogen untuk memasuki ekosistem adalah melalui fiksasi nitrogen (*nitrogen fixation*), konversi N_2 oleh bakteri menjadi bentuk-bentuk yang dapat digunakan untuk menyintesis senyawa-senyawa organik bernitrogen. Beberapa nitrogen juga difiksasi oleh petir. Pupuk nitrogen, hujan, dan debu yang tertuju oleh angin juga dapat menyediakan cukup banyak masukan NH_4^+ dan NO_3^- ke ekosistem. Amonifikasi (*ammonification*) mendekomposisi nitrogen organik menjadi NH_4^+ . Pada nitrifikasi (*nitrification*), NH_4^+ dikonversi menjadi NO_3^- oleh bakteri nitrifikasi. Dalam kondisi anaerobik, bakteri denitrifikasi menggunakan NO_3^- dalam metabolismenya, bukan O_2 sehingga melepaskan N_2 dalam suatu proses yang disebut denitrifikasi (*denitrification*) (Campbell *et al.*, 2010) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Siklus Nitrogen Daratan
Sumber: Britanica.com

4) Siklus Fosfor

Organisme memerlukan fosfor sebagai penyusun utama asam nukleat, fosfolipid, dan ATP serta molekul penyimpanan energi lainnya, dan sebagai mineral penyusun tulang dan gigi. Prosesnya melalui pengikisan bebatuan akibat cuaca secara perlahan-lahan menambahkan PO_4^{3-} ke tanah, beberapa di antaranya tergelontor ke dalam air tanah dan air permukaan, dan pada akhirnya mencapai laut. Fosfat yang diambil oleh produsen dan digabungkan ke dalam molekul biologis dapat dimakan oleh konsumen dan disebarluaskan melalui jejaring makanan. Fosfat dikembalikan ke tanah atau air melalui dekomposisi biomassa atau ekskresi oleh konsumen. Karena tidak ada gas pengandung fosfor yang signifikan, hanya ada sedikit fosfor yang bergerak melalui atmosfer, biasanya dalam bentuk debu dan percikan air laut (Campbell *et al.*, 2010) sebagaimana dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Siklus Fosfor
Sumber: Britanica.com

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini antara lain penelitian yang dilakukan oleh Utami *et al.*, (2022) yang berjudul “Penerapan Model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* terhadap Kemampuan Argumentasi Ilmiah. Pada penelitian ini, berdasarkan data hasil uji hipotesis dengan *two-way ANOVA* dihasilkan yaitu nilai signifikansi yang diperoleh $< 0,05$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan argumentasi ilmiah siswa yang dibelajarkan menggunakan model ADI dan model Inkuiiri. Sehingga, dapat dikatakan bahwa penerapan model ADI mampu meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa sebab, melalui ADI siswa terdorong untuk melakukan penyelidikan dan mengemukakan hasil berdasarkan fakta dan data yang ditemukan melalui tulisan.

Kemudian penelitian Putra *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa model pembelajaran ADI dan interaksi antara model pembelajaran dengan kemampuan akademik berpengaruh signifikan terhadap keterampilan argumentasi siswa dengan masing-masing nilai signifikansi yaitu 0,000 dan 0,005. Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pencapaian keterampilan argumentasi antara siswa yang belajar dengan menggunakan model pembelajaran ADI dengan siswa yang belajar dengan model pembelajaran Inkuiiri terbimbing. Selain itu, pencapaian keterampilan argumentasi pada siswa yang belajar dengan menggunakan model ADI lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belajar dengan model inkuiiri terbimbing.

Penelitian selanjutnya berjudul “*Improving Students' Self-Efficacy and Learning Outcomes Using Argument-Driven InquiryLearning Model*” menunjukkan bahwa terjadi peningkatan skor sebelum dan sesudah diberikan

perlakuan. Sebelum diberikan perlakuan, nilai rata-rata sebesar 26,529 dengan kriteria rendah, sedangkan setelah dilakukan perlakuan, diperoleh skor rata-rata sebesar 71,94 dengan kriteria tinggi. Perolehan skor tersebut menunjukkan bahwa model ADI dapat meningkatkan *self-efficacy* siswa terutama pada sintaks argumentasi. Peningkatan *self-efficacy* dapat memudahkan siswa dalam kegiatan pembelajaran sebab, siswa akan lebih aktif dan berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran (Tukiran *et al.*, 2020).

Oleh karena itu, berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa adanya pengaruh positif dari model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) terhadap kemampuan argumentasi ilmiah dan *self-efficacy*. Sehingga, penelitian tersebut dapat menjadi rujukan bagi peneliti serta menjadi acuan dalam melakukan penelitian.

2.3 Kerangka Konseptual

Era revolusi industri 4.0 menjadi tantangan besar bagi dunia pendidikan, khususnya dalam mempersiapkan siswa agar memiliki kemampuan abad ke-21 diantaranya berpikir kritis, kemampuan berkomunikasi, kolaborasi, dan kreativitas. Salah satu kompetensi yang sangat penting yakni kemampuan argumentasi ilmiah. Kemampuan tersebut merupakan salah satu kemampuan utama untuk menganalisis informasi secara logis, membangun argumen yang berdasarkan bukti, dan pengambilan keputusan secara tepat. Di samping itu, *self-efficacy* merupakan keyakinan diri mereka terhadap kemampuan untuk mencapai tujuannya, menjadi faktor penting yang memengaruhi keberhasilan belajar di tengah tantangan global yang semakin kompleks.

Pembelajaran biologi yang berorientasi pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi menjadi semakin relevan di revolusi industri 4.0. Salah satu pendekatan inovatif yang sejalan dengan tuntutan tersebut adalah *model Argument-Driven Inquiry (ADI)*. Model tersebut dirancang untuk mengikutsertakan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran berbasis penyelidikan dan argumentasi, sehingga dapat meningkatkan argumentasi ilmiah, dan rasa percaya diri siswa dalam memecahkan masalah dan keberhasilan belajar.

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *Argument-Driven Inquiry* (ADI) terhadap kemampuan argumentasi ilmiah dan *self-efficacy* siswa pada pembelajaran biologi. Berdasarkan uraian tersebut, maka diduga ada pengaruh model *Argument-Driven Inquiry* (ADI) terhadap kemampuan argumentasi ilmiah dan *self-efficacy* pada pembelajaran biologi dalam materi ekosistem di SMA Negeri 1 Ciamis tahun ajaran 2024/2025.

2.4 Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- Ho : Tidak ada pengaruh model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) terhadap kemampuan argumentasi ilmiah dan *self-efficacy* siswa pada pembelajaran biologi.
- Ha : Ada pengaruh model pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (ADI) terhadap kemampuan argumentasi ilmiah dan *self-efficacy* siswa pada pembelajaran biologi.