

BAB 2

LANDASAN TEORITIS

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Kemampuan Argumentasi

a. Definisi dan Konsep Argumentasi

Argumentasi adalah suatu bentuk diskusi yang melibatkan proses berpikir dan memicu berpikir kritis. Saat ini, informasi mengenai isu-isu kontroversial di Indonesia tidak hanya disebarluaskan lewat televisi dan media cetak, tapi juga melalui media online. Peserta didik tidak boleh menerima informasi secara langsung, tetapi harus dapat menilai kebenaran dari informasi tersebut. Masalah dapat menimbulkan pro dan kontra, dan untuk memutuskan masalah ini memerlukan penalaran. Oleh karena itu, kebiasaan berargumen sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, karena berargumen melibatkan pengambilan keputusan yang benar serta logis tentang isu-isu kontroversial (Herawati *et al.*, 2019).

Argumentasi, menurut Toulmin (2003), merupakan proses kognitif yang krusial, melibatkan identifikasi asumsi dan kesimpulan yang relevan serta analisis terhadap konflik informasi, yang sering dilakukan baik secara sadar maupun tidak. Argumen berfungsi untuk membenarkan klaim dan menunjukkan manfaatnya. Meskipun argumen memiliki beragam fungsi, tujuan utamanya adalah memberikan justifikasi untuk klaim tersebut. Argumentasi mencakup serangkaian penalaran dan analisis pro dan kontra secara berulang, di mana kesimpulan dapat menjadi asumsi untuk analisis lebih lanjut (Besnard & Hunter, 2014).

Menurut Fakhriyah, *et al.* (2021) Kemampuan untuk berargumen secara ilmiah adalah proses yang memperkuat suatu klaim dengan menekankan kemampuan untuk menyampaikan ide dan pemikiran mengenai fenomena sains dalam kehidupan sehari-hari, yang didasarkan pada bukti dan kesesuaian dengan teori yang ada. Hal ini diperkuat oleh Farida dan Gusniarti (2015) menjelaskan bahwa argumentasi ilmiah adalah kemampuan individu untuk merumuskan pendapat yang didukung oleh bukti dan alasan yang konkret, dengan tujuan untuk mempertahankan pendapat tersebut. Sedangkan Erduran (2018) berpendapat

Argumentasi merupakan bagian dari aktivitas yang dapat didefinisikan sebagai kemampuan yang seharusnya dimiliki oleh peserta didik untuk mendukung klaim, mengaitkan fakta yang mereka pelajari, dan menerapkan pengetahuan yang diperoleh dalam konteks kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan berbagai pendapat yang ada, argumentasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses diskusi yang melibatkan berpikir kritis dan analisis kognitif untuk menilai kebenaran informasi, terutama dalam konteks isu-isu kontroversial. Proses ini mencakup identifikasi asumsi, pengembangan klaim yang didukung oleh bukti konkret, serta penalaran logis untuk mempertahankan pendapat. Argumentasi merupakan kemampuan penting yang harus dimiliki oleh individu, khususnya peserta didik, untuk mengaitkan fakta dan menerapkan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari. Tujuan utamanya adalah memberikan justifikasi yang kuat untuk klaim yang diajukan, serta memfasilitasi pengambilan keputusan yang tepat dan logis.

b. Pentingnya Kemampuan Argumentasi dalam Pembelajaran Sains

Kemampuan argumentasi memiliki peranan yang sangat penting dalam konteks pendidikan, terutama dalam pengembangan kemampuan berpikir kritis dan ilmiah para peserta didik (Giri & Paily, 2020). Lewat proses ini, peserta didik diajar menganalisis, menilai, dan menyusun argumen secara rasional, serta menghargai proses ilmiah dan variasi pandangan yang ada. Namun, tantangan seperti kurangnya pengetahuan, ketidakpahaman akan struktur argumentasi, dan pengaruh emosi bisa mengganggu perkembangan kemampuan ini. Sebab itu, penting bagi guru-guru untuk memberikan bantuan dan latihan yang cukup sehingga peserta didik dapat mengasah kemampuan argumentasi ilmiah yang kuat dan efektif (Ping et al., 2020).

Dalam dunia pendidikan modern, kemampuan argumentasi menjadi semakin relevan. Peserta didik diharapkan tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga mampu menilai kebenaran informasi tersebut melalui proses berpikir kritis. Argumentasi berfungsi sebagai alat untuk mendorong diskusi yang konstruktif dan membantu individu dalam mengambil keputusan yang tepat berdasarkan analisis yang mendalam terhadap berbagai perspektif. Kebiasaan

berdebat berguna dalam aktivitas sehari-hari sebab argumen dapat berfungsi ketika membuat pertimbangan yang faktual dan analitis tentang isu-isu yang polemik (Istiana & Herawatia, 2019). Kemampuan argumentasi sangat penting untuk dikuasai peserta didik, karena kemampuan argumentasi mencakup 2 kemampuan penting abad 21, yakni kemampuan berpikir kritis (*critical thinking skill*) dan kemampuan berkomunikasi (*communication skill*) (Devi et al. 2018). Argumentasi dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta didik (Kamilahrohmawati, 2018).

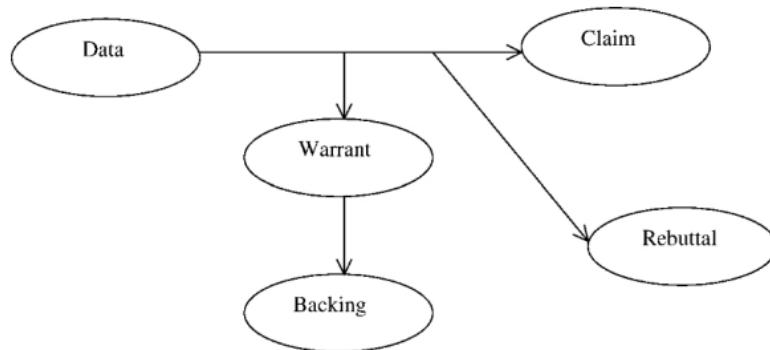
Kemampuan argumentasi merupakan hal penting yang mendasari peserta didik dalam mengembangkan pola pikir, komunikasi, dan pemecahan masalah (Anwar et al., 2019). Kemampuan argumentasi mendorong peserta didik dalam merefleksi hasil penalaran dan pemikiran sendiri, sehingga argumentasi mendorong peserta didik dalam mengembangkan kemampuan metakognisi dan berpikir tingkat tingginya. Argumentasi berfungsi sebagai tujuan proyek dan dapat didefinisikan sebagai seperangkat bahan pendukung yang harus dimiliki oleh peserta didik di lapangan untuk terlibat dalam diskusi, menciptakan hubungan antara fakta dan opini, dan menyampaikan pengetahuan tentang kehidupan sehari-hari. Selain itu, landasan kekuatan argumen berasal dari pemikiran kritis dan penalaran logis. Ada tiga cara dasar untuk menggunakan argumen: sebagai titik pertikaian antara dua posisi, sebagai topik perdebatan, dan sebagai dasar kesimpulan. (Karlina dan Alberida, 2021).

Secara keseluruhan, argumentasi ilmiah adalah kemampuan yang sangat diperlukan dalam pendidikan modern (Noroozi et al., 2020). Dengan memahami dan menerapkan proses argumentasi ilmiah, peserta didik dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, mengembangkan kemampuan analitis, dan lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran. Pengembangan kemampuan ini tidak hanya bermanfaat di dalam kelas, tetapi juga akan memberikan dampak positif bagi kehidupan sehari-hari peserta didik di masa depan (Giri & Paily, 2020).

c. Indikator Kemampuan Argumentasi

Salah satu model yang sering digunakan dalam argumentasi ilmiah adalah *Toulmin's Argument Pattern* (TAP). Model ini, yang dikembangkan oleh filsuf Stephen Toulmin pada tahun 1958, berfungsi sebagai kerangka kerja untuk menganalisis struktur logis dari sebuah argumen. TAP membantu memecah argumen menjadi komponen-komponen kunci, sehingga memudahkan pemahaman tentang bagaimana klaim atau kesimpulan dirumuskan, didukung, dan diuji. Model ini diterapkan di berbagai disiplin ilmu, termasuk pendidikan sains, untuk mengajarkan peserta didik cara berpikir kritis dan membangun argumentasi berbasis bukti. Pola Argumentasi Toulmin terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu klaim, data, jaminan, dukungan, kualifikasi, dan sanggahan (Erduran, 2018). Setiap komponen ini memiliki peran penting dalam menciptakan struktur argumentasi yang jelas dan logis. Dengan mengikuti model ini, peserta didik dapat menyusun argumen yang lebih terstruktur dan meyakinkan, sehingga mempermudah mereka dalam menyampaikan pandangan dan mempertahankan pendapat dalam diskusi (Erduran et al., 2004; Hitchcock, 2005).

Toulmin's Argument Pattern (TAP) menggambarkan struktur argumen sebagai serangkaian klaim yang saling terhubung, data yang mendukung klaim tersebut, jaminan yang menghubungkan data dengan klaim, dukungan yang memperkuat jaminan, dan sanggahan yang menunjukkan kondisi di mana klaim mungkin tidak berlaku. Dalam definisi Toulmin, klaim adalah pernyataan yang diajukan untuk diterima secara umum, sementara data adalah fakta spesifik yang digunakan untuk mendukung klaim tersebut. Dukungan menjelaskan pengalaman yang membangun kepercayaan terhadap argumen yang diajukan, sedangkan sanggahan mencakup keadaan luar biasa yang dapat melemahkan argumen. Toulmin juga menekankan pentingnya kualifikasi, yaitu frasa yang menunjukkan tingkat ketergantungan pada kesimpulan berdasarkan argumen yang ada (Erduran et al., 2004).



Gambar 2.1 Pola Argumen Toulmin
(Sumber: Erduran, 2004)

TAP lebih lanjut dijelaskan oleh Magalhães (2020) dalam Tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1 Pola Argumen Toulmin

No	Aspek	Deskripsi
1	<i>Claim</i>	pernyataan yang mengungkapkan suatu ide, klaim, atau pandangan yang dapat didukung, disangkal, atau diminta klarifikasinya. Dalam konteks argumen, proposisi menjadi inti dari sebuah perdebatan atau diskusi yang bertujuan untuk membuktikan atau menyanggah kebenarannya. Menurut model Toulmin, langkah pertama dalam analisis argumen adalah menyusun proposisi yang jelas dan dapat diuji, yang kemudian menjadi dasar untuk menyusun elemen argumen lainnya, seperti <i>data</i> , <i>warrant</i> , dan <i>Backing</i> . Misalnya, merokok di tempat umum harus dilarang. Ini adalah argumen yang harus dibuktikan kebenarannya.
2	<i>Data</i>	Fakta atau data adalah elemen penting dalam mendukung sebuah kesimpulan atau klaim. Fakta ini bisa berupa bukti nyata, hasil penelitian, data statistik, alasan logis, atau keadaan yang relevan dengan argumen yang disampaikan. Dalam contoh, merokok membuat orang lain, terutama anak-anak dan wanita hamil, berisiko menghirup asap rokok.
3	<i>Warrant</i>	Jembatan logis yang menghubungkan klaim dengan alasan atau data yang mendukungnya. Warrant sering kali tidak diungkapkan secara eksplisit, tetapi berfungsi sebagai asumsi atau prinsip dasar yang menjadikan argumen dapat diterima. Misalnya, pada klaim 'Merokok di tempat umum harus dilarang' dengan alasan 'Asap rokok membahayakan

No	Aspek	Deskripsi
		anak-anak dan wanita hamil,' <i>warrant</i> yang menghubungkan keduanya adalah keyakinan bahwa "Masyarakat memiliki tanggung jawab untuk melindungi kelompok rentan dari bahaya yang dapat dicegah."
4	<i>Backing</i>	elemen yang memberikan dukungan tambahan untuk memperkuat <i>warrant</i> dalam sebuah argumen. Pernyataan ini bertindak sebagai landasan yang mendukung keabsahan hubungan antara klaim dan data. <i>Backing</i> biasanya berupa fakta, prinsip, atau keyakinan yang sulit dipertanyakan karena sudah diterima secara umum atau memiliki dasar yang kuat. Dalam contoh, "Jika merokok di tempat umum dilarang, maka kita dapat secara signifikan mengurangi atau bahkan menghilangkan bahaya paparan asap rokok bagi orang yang tidak merokok".
5	<i>Qualifier</i>	elemen argumen yang menunjukkan tingkat kepastian atau keterbatasan dari kesimpulan yang dibuat. <i>Qualifier</i> biasanya diungkapkan dengan kata-kata seperti "mungkin," "sering," "kemungkinan besar," atau "dengan tingkat keyakinan tertentu," yang memberikan nuansa pada klaim dan menunjukkan bahwa argumen tidak mutlak tetapi berbasis pada bukti atau kondisi tertentu. Contoh: Penelitian terbaru menunjukkan bahwa hampir 80% orang yang terpapar asap rokok di tempat umum memiliki risiko tinggi mengalami masalah pernapasan.
6	<i>Rebuttal</i>	argumen atau pernyataan yang mengantisipasi dan menanggapi potensi sanggahan terhadap klaim utama. <i>Rebuttal</i> menunjukkan kondisi atau situasi tertentu di mana argumen mungkin tidak sepenuhnya berlaku, namun tetap memberikan penegasan atas klaim dengan memperkuat sudut pandang yang lebih luas. Dalam contoh tersebut, Tidak semua orang yang merokok di tempat umum selalu membahayakan orang lain, terutama jika mereka berada di area terbuka atau menjaga jarak dari orang lain."

Pengkategorian atau pengelompokan kualitas argumentasi ini akan membantu dalam meningkatkan kemampuan argumentasi peserta didik serta merancang metode pembelajaran yang sesuai (Fakhriyah, et al., 2021). Kualitas argumen dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori seperti pada Tabel 2.2. berikut ini:

Tabel 2.2 Kerangka Kerja Kualitas Argumentasi

Level	Deskripsi
Level 1	Argumentasi level 1 terdiri dari argumen yang merupakan klaim sederhana melawan klaim balasan atau klaim melawan klaim.
Level 2	Argumentasi level 2 memiliki argument yang terdiri dari klaim melawan klaim dengan data, jaminan atau dukungan tetapi tidak mengandung sanggahan
Level 3	Argumentasi level 3 memiliki argumentasi dengan serangkaian klaim atau klaim balasan dengan data, jaminan atau dukungan dengan sesekali sanggahan yang lemah
Level 4	Argumentasi level 4 menunjukkan argumen dengan klaim dengan sanggahan yang dapat diidentifikasi dengan jelas. Argumen semacam ini mungkin memiliki beberapa klaim dan sanggahan
Level 5	Argumentasi level 5 menampilkan argumen yang diperluas dengan lebih dari satu sanggahan

Sumber: Erduran (2004)

2.1.2 Kemampuan Komunikasi Ilmiah

a. Definisi dan Konsep Komunikasi Ilmiah

Komunikasi adalah proses pengiriman atau penerimaan pesan yang berisi ide dan informasi antara individu (Glencoe, 2010). Terdapat dua jenis komunikasi, yaitu komunikasi verbal (menggunakan kata-kata) dan komunikasi nonverbal (tanpa kata). Komunikasi verbal mencakup bahasa lisan dan tulisan, sedangkan komunikasi nonverbal meliputi nada suara, kualitas vokal, isyarat, gerakan tubuh, ekspresi wajah, dan lainnya (Adler & Rodman, 2006). Dalam konteks ini, Hofmann (2010) mendefinisikan komunikasi ilmiah sebagai proses penyampaian informasi yang mencakup pengetahuan atau hasil penelitian dari seorang ilmuwan kepada orang lain, baik ilmuwan maupun non-ilmuwan, baik secara lisan melalui seminar atau presentasi maupun secara tertulis melalui jurnal ilmiah. Komunikasi nonverbal seperti kualitas vokal, ekspresi wajah, dan gerakan tubuh sering digunakan untuk melengkapi presentasi agar informasi yang disampaikan dapat diterima dengan jelas oleh pendengar.

Kemampuan komunikasi ilmiah lebih lanjut didefinisikan sebagai kemampuan yang meningkatkan interaksi peserta didik dalam pembelajaran. Hal ini mencakup kemampuan menuliskan hasil percobaan dari kegiatan praktikum,

mengajukan pertanyaan, menyampaikan hasil di depan kelas, berdiskusi dalam kelompok, menerjemahkan percobaan, serta memberikan tanggapan kepada rekan lainnya (Pramesti et al., 2020). Selain itu, komunikasi ilmiah juga mencakup penyampaian informasi yang memungkinkan terjadinya interaksi sosial terkait kegiatan penelitian atau penyelidikan, khususnya dalam lingkungan akademik (Sani, 2015). Dengan demikian, komunikasi ilmiah tidak hanya berfungsi untuk berbagi pengetahuan tetapi juga mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif peserta didik.

Berdasarkan pendapat tersebut dapat disimpulkan Komunikasi ilmiah adalah proses pengiriman dan penerimaan pesan yang berisi ide, informasi, dan pengetahuan baik secara verbal maupun nonverbal antara individu. Dalam konteks akademik mencakup penyampaian hasil penelitian melalui seminar, presentasi, dan publikasi tertulis. Kemampuan komunikasi ilmiah juga melibatkan kemampuan peserta didik dalam menuliskan hasil percobaan, mengajukan pertanyaan, mendiskusikan temuan, serta memberikan tanggapan yang bertujuan untuk meningkatkan interaksi dan pemahaman dalam pembelajaran.

b. Pentingnya Komunikasi Ilmiah dalam Pembelajaran Sains

Kemampuan komunikasi merupakan salah satu *skill* atau kemampuan yang harus dimiliki peserta didik di abad 21. Kemampuan berkomunikasi dalam pembelajaran terdiri dari; kemampuan *ICT Literacy*, kemampuan mengungkapkan ide-ide, kemampuan mendengarkan dan menghargai pendapat orang lain, kemampuan menggunakan alur yang logis dan terstruktur, kemampuan komunikasi multi bahasa, kemampuan penggunaan bahasa sesuai dengan konteks dan konten (Hamdani, 2022)

Kemampuan komunikasi ilmiah memungkinkan peserta didik memperoleh informasi sebanyak-banyaknya dari observasi, dan memudahkan mereka dalam memecahkan berbagai masalah dalam materi pembelajaran (Alpusari, 2019). Program Komunikasi Ilmiah dirancang untuk peserta didik Sekolah Menengah Pertama (SMP) guna membekali mereka dengan kemampuan belajar yang terintegrasi dengan pelajaran sains. Program ini menitikberatkan pada penguasaan

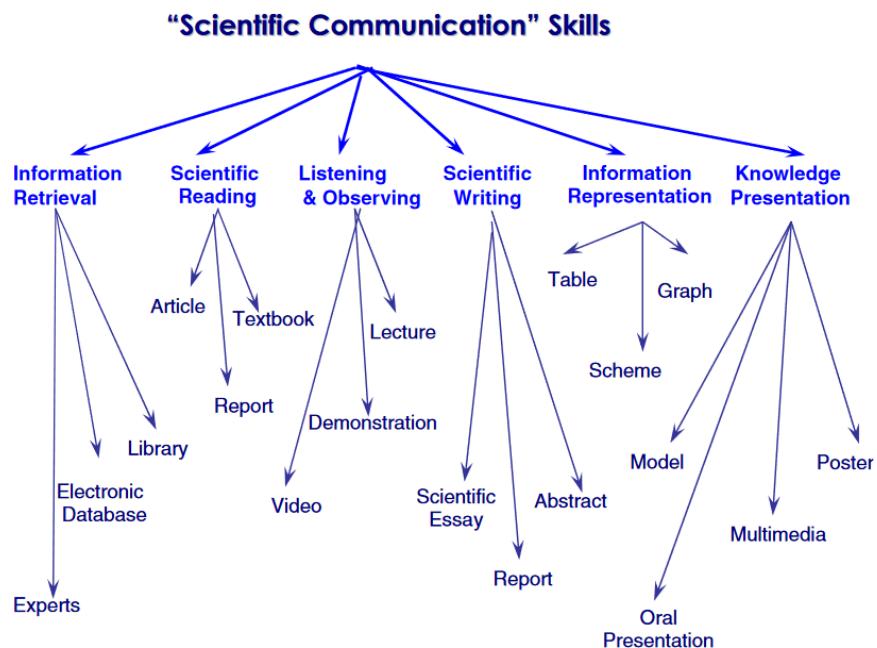
kemampuan utama, seperti pencarian informasi, membaca dan menulis ilmiah, mendengarkan serta mengamati, representasi informasi dalam bentuk visual seperti tabel atau diagram, dan penyajian pengetahuan secara terstruktur. Kemampuan-kemampuan ini, yang disebut kemampuan komunikasi ilmiah, merupakan fondasi penting dalam pendidikan sains. Selain mencerminkan kemampuan sains yang autentik, kemampuan ini juga mempersiapkan peserta didik untuk berpikir kritis, memahami informasi secara mendalam, dan menyampaikan ide berdasarkan bukti ilmiah, baik dalam konteks akademik maupun kehidupan nyata (Levy, 2009). Kemampuan berkomunikasi adalah salah satu kemampuan penting yang diperlukan oleh peserta didik untuk menyampaikan argumentasi berdasarkan hasil pengamatan melalui analisis, baik secara lisan maupun tulisan (Widhi et al., 2021). Bricker dan Bell (2008) juga menekankan bahwa kemampuan komunikasi merupakan proses krusial dalam pembelajaran sains, yang dapat membantu peserta didik mencapai pemahaman yang lebih baik. Dengan komunikasi yang efektif, peserta didik dapat mengekspresikan ide-ide mereka dan berinteraksi dengan baik dalam konteks pembelajaran, sehingga meningkatkan kualitas pemahaman mereka terhadap materi yang dipelajari.

Kemampuan komunikasi ilmiah berfokus pada pembelajaran untuk memahami dan mempelajari bahasa ilmiah melalui penerapan prinsip-prinsip pembelajaran, seperti menilai pemahaman awal, mengaitkan fakta dengan kerangka konseptual, melakukan pemantauan metakognitif, menetapkan kinerja, dan memberikan umpan balik (Baker et al., 2009). Dalam proses pembelajaran, kemampuan komunikasi ini penting bagi peserta didik untuk menjelaskan kesimpulan yang valid berdasarkan bukti ilmiah dalam menyelesaikan masalah secara konstruktif (Santrock, 2011; Yusuf & Adeoye, 2012). Kemampuan komunikasi yang baik memungkinkan peserta didik untuk mengurutkan dan menguraikan pikiran serta gagasan secara sistematis kepada orang lain. Urutan dan penjelasan yang terstruktur ini membantu orang lain memahami gagasan yang disampaikan sesuai dengan tujuan komunikasi. Sebaliknya, jika kemampuan berkomunikasi tidak berkembang, peserta didik akan mengalami kesulitan dalam

menyusun dan menguraikan pikiran serta menghubungkan satu gagasan dengan gagasan lainnya (Harisanti, 2019).

c. Indikator Kemampuan Komunikasi Ilmiah

Setiap kemampuan komunikasi ilmiah ini terdiri dari kemampuan dan sub kemampuan tertentu. Kinerja setiap kemampuan dan sub kemampuan ini serta kemampuan untuk mengintegrasikannya ke dalam tugas pembelajaran yang kompleks menentukan tingkat kemampuan pembelajaran seseorang. Seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2 berikut



Gambar 2.2 Klasifikasi Komunikasi Ilmiah

(Sumber: Levy, 2009)

Komunikasi ilmiah merupakan rangkaian proses untuk mengakusisi kemampuan belajar tingkat tinggi (*high order thinking skills*) yang meliputi *information retrieval*, *scientific reading*, *scientific writing*, *listening and observation*, *information representation*, dan *knowledge presentation*. Untuk lebih lanjut indikator kemampuan komunikasi ilmiah dijelaskan dalam tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Indikator Kemampuan Komunikasi Ilmiah

No	Indikator	Deskripsi
1	<i>Information Retrieval</i>	Kemampuan untuk mengakses sumber informasi yang relevan dari buku atau artikel ilmiah
2	<i>Scientific Reading</i>	Kemampuan membaca artikel ilmiah secara efektif, termasuk kemampuan untuk memilih informasi yang relevan
3	<i>Scientific Writing</i>	kemampuan menulis hasil penelitian ilmiah dalam bentuk laporan penelitian atau artikel ilmiah.
4	<i>Listening and Observing</i>	Kemampuan untuk memperoleh informasi melalui pengamatan dan pendengaran.
5	<i>Information Representation</i>	Kemampuan menyajikan kembali informasi dalam bentuk lain
6	<i>Knowledge Presentation</i>	Kemampuan dalam mempresentasikan hasil penelitian yang dapat dilakukan melalui kegiatan presentasi lisan, presentasi berbasis multimedia, pembuatan poster atau model yang dapat mempresentasikan hasil penelitian.

Sumber: Levy (2009)

2.1.3 Model Pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI)

a. Pengertian dan Prinsip Dasar Model ADI

Model Pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) adalah pendekatan pembelajaran yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan argumentasi peserta didik. Tujuan utama dari model ini adalah memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk merumuskan dan mendukung penjelasan berdasarkan pertanyaan penelitian. Dalam praktiknya, peserta didik berpartisipasi aktif dalam berbagai kegiatan, termasuk merancang dan melaksanakan eksperimen, mengumpulkan serta menganalisis data, berkomunikasi, dan mempertahankan ide mereka melalui sesi argumentasi yang interaktif. Selain itu, peserta didik juga diharuskan untuk menulis laporan investigasi yang mendokumentasikan proses kerja mereka serta melakukan tinjauan sejauh terhadap laporan teman-teman mereka. Dengan demikian, model ADI menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran, memungkinkan mereka untuk membangun

pengetahuan secara mandiri. Hal ini sejalan dengan yang diungkapkan oleh Sampsons & Gleim, (2009) sebagai pengagas model ADI, menurut beliau Model Pembelajaran ADI adalah model pembelajaran yang dirancang sebagai upaya untuk mengembangkan argumen yang menyediakan dan mendukung penjelasan untuk sebuah pertanyaan penelitian. Sebagai bagian dari upaya ini, peserta didik diminta untuk merancang dan melaksanakan penyelidikan mereka sendiri mengumpulkan dan menganalisis data, mengkomunikasikan dan menjustifikasi ide-ide mereka dengan dengan orang lain selama sesi argumentasi interaktif, menulis laporan investigasi untuk laporan investigasi untuk berbagi dan mendokumentasikan pekerjaan mereka, dan terlibat dalam tinjauan sejawat.

Model ADI memungkinkan guru biologi untuk mengintegrasikan pengalaman laboratorium berbasis inkuiri dalam biologi dengan mata pelajaran lain, seperti membaca dan menulis, dengan cara yang mempromosikan dan mendukung pembelajaran, ini juga memberi guru biologi cara untuk membantu peserta didik mengembangkan kebiasaan berpikir dan kemampuan berpikir kritis yang penting kemampuan berpikir kritis dengan menekankan peran penting yang dimainkan argumentasi dalam menghasilkan dan memvalidasi pengetahuan ilmiah (Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002). Melalui aktivitas argumentasi yang diintegrasikan dalam model ADI, peserta didik diajak untuk menilai informasi, menganalisis bukti, dan merumuskan kesimpulan yang rasional. Dengan demikian, proses argumentasi dalam ADI memiliki peranan krusial dalam menciptakan dan memvalidasi pengetahuan ilmiah, yang pada gilirannya membantu peserta didik mengembangkan kebiasaan berpikir ilmiah yang kritis.

Selain itu, model pembelajaran ADI ini memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk terlibat dalam argumentasi ilmiah. Pembelajaran dengan menekankan kegiatan argumentasi berpotensi dapat membuat peserta didik lebih aktif karena melalui kegiatan ini peserta didik menghubungkan ide-ide dan bukti yang dapat di gunakan untuk memvalidasi ide yang mereka kemukakan serta mengkomunikasikannya (Asriani et al., 2021).

Model pembelajaran ini melibatkan serangkaian kegiatan laboratorium yang membangkitkan partisipasi aktif peserta didik dalam wacana argumentasi dan

membiasakan peserta didik untuk mengembangkan pemikiran kritis melalui proses membangun argument dan berkomunikasi secara produktif melalui menulis (Hasnunidah, Neni, et al., 2019). Proses ini memungkinkan peserta didik untuk memverifikasi klaim yang mereka buat dan menyampaikan hasil analisis mereka dengan jelas. Keterlibatan aktif dalam sesi argumentasi memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir sistematis dan menyusun argumen yang kokoh. Dengan demikian, model ADI menciptakan lingkungan belajar yang mendukung partisipasi peserta didik dalam diskusi ilmiah.

Model pembelajaran ini dapat membantu peserta didik mengembangkan kebiasaan berpikir dan mengembangkan pemikiran kritis dengan menekankan pentingnya peran argumentasi dalam menghasilkan dan memvalidasi pengetahuan ilmiah (Sampson & Clark, 2011). Melalui kegiatan ini, peserta didik dilatih untuk tidak hanya menerima pengetahuan secara pasif, tetapi juga untuk mengevaluasi dan mempertanyakan informasi yang mereka terima. Model ADI menekankan peran penting argumentasi sebagai sarana untuk menghasilkan dan memvalidasi pengetahuan ilmiah, yang pada akhirnya membantu membentuk peserta didik menjadi individu yang berpikir kritis dan analitis.

Berdasarkan beberapa penjelasan mengenai model ADI dapat disimpulkan bahwa model ADI adalah model pembelajaran yang memungkinkan guru biologi mengintegrasikan kegiatan laboratorium berbasis inkuiri dengan kemampuan literasi seperti membaca dan menulis. Dengan demikian, pembelajaran ADI tidak hanya fokus pada pemahaman konsep IPA, tetapi juga memperkuat kemampuan peserta didik dalam berargumentasi secara ilmiah. Model ini memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses argumentasi, di mana mereka diharapkan menghubungkan ide-ide dan bukti yang valid untuk mendukung ide mereka, serta mengkomunikasikannya secara efektif.

Menurut Sampsons & Gleim, (2009) Model ini memiliki tujuan untuk:

- 1) membingkai tujuan pembelajaran di kelas secara aktif sebagai upaya untuk mengembangkan memahami, atau mengevaluasi penjelasan ilmiah untuk fenomena alam Fenomena alam atau solusi untuk suatu masalah.

- 2) melibatkan peserta didik dalam penyelidikan yang bermakna dengan menggunakan metode mereka sendiri dan untuk membantu peserta didik belajar bagaimana merancang penyelidikan yang lebih baik
- 3) mendorong individu untuk belajar bagaimana menghasilkan argumen yang mengartikulasikan dan membenarkan penjelasan untuk pertanyaan penelitian sebagai bagian dari proses inkuiri
- 4) memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar bagaimana cara mengajukan usulan mendukung, mengevaluasi, dan merevisi ide melalui diskusi dan menulis dengan cara yang lebih produktif.
- 5) Menciptakan komunitas kelas yang menghargai bukti dan berpikir kritis
- 6) mendorong peserta didik untuk mengambil kendali atas pembelajaran mereka sendiri dengan membantu mereka belajar bagaimana menentukan tujuan dan memonitor kemajuan mereka dalam mencapainya berdasarkan kriteria ilmiah.

b. Langkah - langkah Model *Argument Driven Inquiry* (ADI)

Adapun sintaks model ADI ditunjukkan dalam tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Sintak Model ADI

No	Tahapan	Deskripsi
1	Identifikasi tugas	menciptakan keinginan bagi peserta didik untuk memahami suatu fenomena atau menyelesaikan suatu masalah
2	pengalaman berbasis laboratorium	di mana kelompok kecil peserta didik memiliki kesempatan untuk menghasilkan atau menganalisis data dengan menggunakan alat yang sesuai
3	Membuat Argumen Sementara	Membuat argumen sementara berdasarkan diskusi kelompok
4	Sesi Argumentasi	Setiap kelompok saling memberikan argumen mereka, kemudian mengkritisi dan memperbaiki penjelasan yang telah dibuat.
5	Membuat Laporan Investigasi	peserta didik membuat laporan secara individu
6	tinjauan sejawat/ <i>double blind peer review</i>	secara <i>double-blind</i> terhadap laporan-laporan ini untuk memastikan kualitas dan untuk menghasilkan umpan balik yang berharga bagi individu penulis
7	revisi laporan	Revisi laporan selanjutnya berdasarkan hasil dari tinjauan sejawat

No	Tahapan	Deskripsi
8	<i>explicit and reflective discussion</i>	diskusi eksplisit dan reflektif tentang penyelidikan

Sumber: (Sampsons & Gleim, 2009)

Pada tahap identifikasi masalah, peserta didik diminta untuk mengidentifikasi masalah berdasarkan fenomena fisik yang disajikan oleh guru. Setelah itu, guru menjelaskan topik permasalahan utama yang akan dipelajari dan menghubungkan pengalaman belajar yang sudah dimiliki peserta didik dengan pengetahuan baru yang perlu mereka kuasai (Sampson & Gleim, 2009). Selanjutnya, pada tahap pengumpulan data, peserta didik bekerja sama dalam kelompok untuk mengembangkan dan menerapkan solusi guna mengatasi masalah tersebut. Tujuan dari langkah ini adalah memberikan metode bagi peserta didik untuk berinteraksi dengan materi dan data yang relevan. Proses ini diperkuat oleh pandangan Songsil et al. (2019) yang menyatakan bahwa melalui kegiatan ini, peserta didik belajar menemukan jawaban ilmiah atas pertanyaan sambil berlatih berkolaborasi dan bertukar perspektif dengan orang lain.

Tahap berikutnya adalah pembuatan argumen sementara, di mana peserta didik difokuskan pada pentingnya argumentasi dalam sains, yaitu upaya untuk menetapkan atau memvalidasi kesimpulan berdasarkan alasan. Sesi argumentasi ini mendukung pembelajaran dengan memanfaatkan beragam ide yang muncul di kelas, serta mendorong kelompok untuk saling membantu dalam bernegosiasi dan mengadopsi kriteria yang lebih tepat untuk menilai kesimpulan, dugaan, penjelasan, atau klaim lain dalam sains (Sampson & Gleim, 2009). Melibatkan peserta didik dalam sesi ini dapat membantu mereka menggunakan kriteria ilmiah yang lebih akurat.

Pada tahap penulisan laporan investigasi, peserta didik dituntut untuk belajar menulis dalam konteks sains, yang membantu mereka memahami topik serta mengartikulasikan pemikirannya secara jelas dan ringkas. Proses ini mendorong metakognisi dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap konten (Sampson & Gleim, 2009). Setelah menyusun laporan individu, peserta didik melakukan koreksi atau perbaikan pada laporan tersebut (Songsil et al., 2019).

Dalam tahap *double blind peer review*, kelompok meninjau setiap laporan dan memutuskan apakah laporan tersebut dapat diterima atau perlu direvisi berdasarkan kriteria yang terdapat pada lembar tinjauan sejawat. Kelompok juga memberikan umpan balik eksplisit kepada penulis mengenai perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas laporan. Proses *double blind peer review* ini secara keseluruhan mendorong pengembangan kebiasaan berpikir baru dan menyediakan mekanisme untuk meningkatkan kemampuan menulis sains (Sampson & Gleim, 2009).

Pada tahap revisi laporan, laporan yang diterima oleh *reviewer* dinilai oleh guru dan dikembalikan kepada penulis. Sementara itu, laporan yang memerlukan revisi dikembalikan kepada penulis tanpa dinilai dan harus diperbaiki sesuai masukan dari *reviewer*. Jika laporan telah direvisi dan diterima, guru akan memberikan nilai pada laporan tersebut (Sampson & Gleim, 2009).

Akhirnya, pada tahap diskusi eksplisit dan refleksi, guru memimpin diskusi setelah tinjauan sejawat selesai. Hal ini bertujuan memberikan ruang bagi peserta didik untuk membahas apa yang telah mereka pelajari selama penyelidikan. Guru dapat menjawab pertanyaan terkait materi yang dipelajari serta memberikan pertanyaan dan saran untuk penyelidikan berikutnya. Selain itu, guru juga mendorong peserta didik untuk merefleksikan proses yang telah mereka lakukan dan bagaimana cara memperbaikinya guna meningkatkan pembelajaran mereka (Sampson & Gleim, 2009).

2.1.4 *Socio- Scientific Issues (SSI) dalam Pembelajaran Sains*

a. Definisi dan Karakteristik SSI

Pendidikan berbasis SSI harus memanfaatkan masalah yang relevan dan kontroversial secara pribadi, yang memerlukan penalaran ilmiah. Hal ini mendorong dialog dan perdebatan mengenai topik-topik yang memiliki konsekuensi sosial, serta mengintegrasikan komponen etika yang membutuhkan penalaran moral. Dengan demikian, pendidikan SSI tidak hanya berfokus pada aspek akademis, tetapi juga pada pengembangan karakter sebagai tujuan pendidikan jangka panjang (Zeidler et al., 2019). Menurut Siska et al. (2020), SSI

menciptakan situasi belajar yang sangat bermakna bagi peserta didik, memungkinkan mereka untuk menerapkan pengetahuan biologi dalam konteks sosial di kelas. Proses ini menantang peserta didik untuk berbagi gagasan, pengetahuan, dan nilai-nilai yang berkaitan dengan isu-isu sosial yang dibahas selama pembelajaran.

Untuk menciptakan pengalaman pengajaran berbasis SSI yang efektif, penting bagi semua peserta didik untuk berpartisipasi dalam kegiatan yang mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis, argumentasi, pengambilan keputusan, dan penentuan posisi. Kegiatan-kegiatan ini menjadi pengalaman awal yang signifikan dalam proses pembelajaran mereka (Walker & Zeidler, 2007). Instruktur yang efektif dalam pembelajaran berbasis SSI memanfaatkan ketidakpastian sebagai peluang untuk menciptakan pengalaman belajar yang mendalam dan menarik bagi peserta didik. Guru yang berhasil dalam pengajaran berbasis SSI memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menguasai aspek ilmiah dan sosial dari suatu permasalahan, mendorong mereka untuk berbagi pengetahuan, mempertimbangkan berbagai sudut pandang, serta membangun argumen yang logis dan terstruktur (Presley et al., 2013).

Dalam buku "*Science Education For Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*" oleh Ratcliffe dan Grace (2003), dijelaskan bahwa isu-isu sosial yang diangkat melalui pendekatan SSI harus memenuhi beberapa kriteria, seperti berlandaskan pada sains, melibatkan pembentukan opini, sering kali dilaporkan oleh media, dan dapat membahas dimensi lokal, nasional, serta global. Aspek utama dari kerangka kerja SSI melibatkan elemen desain dengan empat komponen penting: mengembangkan instruksi masalah yang menarik, menyajikan masalah terlebih dahulu, memberikan kegiatan yang mendukung kemampuan seperti argumentasi dan pengambilan keputusan, serta memberikan pengalaman belajar yang menarik (Presley et al., 2013). Dengan demikian, pendekatan SSI tidak hanya meningkatkan pemahaman ilmiah peserta didik tetapi juga membekali mereka dengan kemampuan penting untuk menghadapi tantangan sosial di masa depan.

b. Kelebihan SSI dalam Pembelajaran Sains

Pendekatan isu-isu sosio-saintifik memiliki fungsi untuk memberikan pengetahuan umum, memahami hubungan sains, teknologi, masyarakat, dan lingkungan, mengembangkan kemampuan proses sains seperti berpikir, berdiskusi, kemampuan memecahkan masalah, memperoleh sikap dan moral (Anagun, 2010).

Pendekatan SSI dapat meningkatkan argumentasi ilmiah peserta didik karena pada proses pembelajaran dengan pendekatan *socio scientific issue*, peserta didik disajikan isu dari sudut pandang pengetahuan sains (*scientific background*). Selain itu, peserta didik diharuskan untuk mengevaluasi isu sosial sains yang disajikan (*evaluation of information*), mengkaji dampaknya secara lokal, nasional dan global (*local, national, and global dimension*), dan membuat keputusan terkait isu sosial sains tersebut (*decision making*) (Siska, et al., 2020).

Menurut Ratcliffe (2009) Pembelajaran dengan pendekatan SSI dapat memberikan manfaat bagi keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran sebagai berikut:

- 1) Studi tentang satu topik permasalahan secara mendalam.
- 2) Stimulus baru yang menimbulkan pertanyaan
- 3) Pembicara eksternal, yang memberikan hal baru dan keahlian
- 4) Kesempatan untuk berbagi pandangan, dengan struktur yang mendukung diskusi kritis.
- 5) Fokus pada etika dari masalah-masalah nyata
- 6) Kegiatan yang berpusat pada pembuatan produk nyata, yang memungkinkan semua peserta didik untuk mensintesis pandangan mereka secara aktif dan kreatif.
- 7) Kesempatan untuk bekerja dalam tim, memperkuat pembelajaran aktif dan diskusi kritis

Herman et al. (2021) menggaris bawahi pentingnya memadukan pendidikan berbasis tempat dengan isu-isu sosiosains untuk menumbuhkan pemahaman yang lebih mendalam di kalangan peserta didik, membekali mereka dengan kemampuan yang diperlukan untuk terlibat secara cermat dengan tantangan lingkungan di komunitas mereka dan sekitarnya. Temuan ini menganjurkan pergeseran dalam

pendidikan sains menuju pendekatan yang lebih holistik yang menggabungkan dimensi etika, sosial, dan budaya di samping pengetahuan ilmiah. Newton et al., (2020) juga berpendapat pentingnya pengambilan perspektif dalam pendidikan sains, khususnya dalam konteks isu sosio-saintifik. pengembangan kemampuan ini penting untuk mengembangkan warga negara yang melek sains yang mampu terlibat dengan tantangan masyarakat yang kompleks.

2.1.5 Model *Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Socio-Scientific Issues* (SSI)

Mengintegrasikan model ADI dengan SSI bertujuan untuk meningkatkan kemampuan argumentasi peserta didik dalam konteks isu-isu sosial yang relevan. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya melibatkan peserta didik dalam praktik argumentatif tetapi juga membantu mereka dalam mengambil keputusan yang tepat berdasarkan analisis bukti. Melalui integrasi ini, peserta didik dapat mengembangkan kemampuan untuk berdebat tentang masalah-masalah sosiosains, seperti pencemaran lingkungan, yang memerlukan pemahaman mendalam tentang konsep-konsep ilmiah. Berikut tabel 2.5 Sintak model ADI terintegrasi SSI.

Tabel 2.5 Sintak Model ADI terintegrasi SSI

No	Tahapan ADI	Terintegrasi <i>Socio-Scientific Issues</i> (SSI)	Indikator Kemampuan Argumentasi	Indikator Kemampuan Komunikasi Ilmiah
1	Identifikasi tugas	Peserta didik mengidentifikasi suatu fenomena atau masalah terkait SSI	<i>Claim:</i> Menyatakan permasalahan utama <i>Data:</i> Mengumpulkan informasi awal yang relevan	<i>Information retrieval:</i> Mencari dan memilih informasi dari berbagai sumber <i>Scientific reading:</i> Membaca artikel terkait isu
2	Pengalaman berbasis laboratorium	Peserta didik berdiskusi menganalisis data untuk menyelesaikan	<i>Data:</i> Menyajikan hasil observasi <i>Warrant:</i> Menjelaskan	<i>Listening and observation:</i> Mengamati fenomena, mendengarkan

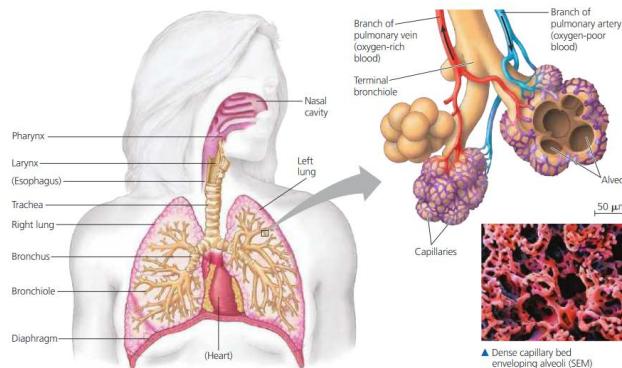
No	Tahapan ADI	Terintegrasi <i>Socio-Scientific Issues</i> (SSI)	Indikator Kemampuan Argumentasi	Indikator Kemampuan Komunikasi Ilmiah
		masalah terkait SSI	hubungan data dengan <i>claim</i>	pendapat kelompok <i>Scientific reading</i> : Membaca instruksi LKPD
3	Membuat Argumen Sementara	Peserta didik membuat argumen sementara untuk permasalahan SSI yang dibahas	<i>Claim</i> : Menyatakan posisi <i>Warrant</i> : Penalaran logis <i>Qualifier</i> : Menyatakan batasan atau ketentuan argument	<i>Scientific writing</i> : Menulis argumen secara logis dan sistematis
4	Sesi Argumentasi	Setiap kelompok saling memberikan argumen mereka, kemudian mengkritisi dan memperbaiki penjelasan yang telah dibuat terkait SSI	<i>Claim, Data, Warrant, Backing</i> : Diuji melalui diskusi <i>Rebuttal</i> : Menanggapi kritik kelompok lain	<i>Knowledge presentation</i> : Menyampaikan argumen secara lisan <i>Listening and observation</i> : Mendengarkan argumen pihak lain
5	Membuat Laporan Investigasi	Peserta didik membuat laporan secara individu	Semua elemen argumentasi dituliskan secara lengkap	<i>Scientific writing</i> : Menulis laporan dengan struktur ilmiah <i>Information representation</i> : Menyajikan data melalui tabel, grafik, dsb.
6	Tinjauan sejawat/ <i>double blind peer review</i>	Secara double-blind terhadap laporan-laporan ini untuk memastikan kualitas dan untuk menghasilkan umpan balik yang	<i>Backing</i> : Menilai kekuatan pendukung argumen orang lain <i>Rebuttal</i> : Mengidentifikasi kelemahan	<i>Scientific reading</i> : Membaca laporan ilmiah rekan <i>Scientific writing</i> : Memberikan umpan balik tertulis yang konstruktif

No	Tahapan ADI	Terintegrasi <i>Socio-Scientific Issues (SSI)</i>	Indikator Kemampuan Argumentasi	Indikator Kemampuan Komunikasi Ilmiah
		berharga bagi individu penulis	argumen orang lain	
7	Revisi laporan	Revisi laporan selanjutnya berdasarkan hasil dari tinjauan sejawat	<i>Rebuttal:</i> Mengatasi kritik dengan memperkuat argumen <i>Backing:</i> Menambahkan dukungan dari literatur/data	<i>Scientific writing:</i> Merevisi laporan <i>Information retrieval:</i> Menambahkan referensi atau data baru
8	<i>Explicit and reflective discussion</i>	Diskusi eksplisit dan reflektif tentang penyelidikan	<i>Claim, Warrant, Rebuttal:</i> Dievaluasi kembali dalam refleksi bersama	<i>Knowledge presentation:</i> Menyampaikan hasil refleksi <i>Listening and observation:</i> Mencermati pembelajaran dari proses

2.1.6 Sistem Pernapasan Pada Manusia

a. Pengertian Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan adalah serangkaian proses kompleks di dalam tubuh manusia yang bertanggung jawab atas pertukaran gas penting, seperti oksigen (O_2) yang sangat dibutuhkan untuk proses metabolisme sel (Linda. et al., 2024).



Gambar 2.3 Sistem Pernapasan pada Manusia

Sumber: Campbell (2020)

b. Struktur dan Fungsi Pernapasan

1. Hidung

Hidung, juga dikenal sebagai nasal, merupakan pintu masuk utama bagi udara ke dalam sistem pernapasan. Terdiri dari dua lubang udara yang disebut kavum nasi, hidung dibagi oleh septum hidung. Di dalam kavum nasi, terdapat serangkaian bulu-bulu halus yang berfungsi sebagai penyaring udara, menangkap debu, kotoran, dan partikel lainnya yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan. (Linda et al., 2024) Udara masuk melalui lubang hidung dan kemudian disaring oleh rambut, dihangatkan, dilembabkan, dan diambil sampelnya bau saat mengalir melalui ruang di rongga hidung (Campbell, 2020).

Dalam sistem pernapasan, hidung memiliki peranan penting sebagai saluran awal dan bagian dari sistem pernapasan atas. Hidung memiliki fungsi antara lain sebagai berikut:

1. saluran udara pernapasan,
2. penyaringan (filtrasi, penghangatan, dan pelembaban),
3. penerimaan bau, merupakan fungsi epithelium olfaktori pada bagian medial rongga hidung,
4. rongga hidung juga berhubungan dengan pembentukan suara-suara fenotik dimana berfungsi sebagai ruang resonasi,
5. membunuh kuman-kuman yang masuk, bersama-sama udara pernapasan oleh leukosit yang terdapat dalam selaput lendir (mukosa) atau hidung (Linda. et al., 2024).

2. Faring

Faring adalah sebuah persimpangan tempat persimpangan jalur udara dan makanan (Campbell, 2020). Faring, yang sering disebut sebagai tekak, adalah sebuah struktur penting dalam sistem pernapasan manusia. Terletak di belakang mulut dan rongga hidung, faring berbentuk tabung yang menghubungkan kedua rongga tersebut dengan trachea, juga dikenal sebagai batang tenggorokan. Faring berfungsi sebagai titik pertemuan antara jalur udara dan jalur makanan dalam tubuh (Linda. et al., 2024).

3. Laring

Laring, yang juga dikenal sebagai kotak suara, terletak di bawah titik pertemuan antara faring yang bercabang menjadi trachea dan kerongkongan. Di dalam tubuh manusia, organ pernapasan ini memiliki peran penting dalam mengatur aliran udara dan memungkinkan produksi suara. Struktur ini memiliki dua pita suara yang membuka saat proses bernapas dan menutup untuk menghasilkan suara (Linda. et al., 2024).

4. Trachea

Trachea, yang juga dikenal sebagai saluran udara utama, adalah struktur yang menghubungkan laring dengan bronkus dan berfungsi sebagai jalur utama bagi udara yang masuk dan keluar dari paru-paru. Trachea dibentuk oleh cincin-cincin tulang rawan yang berjumlah sekitar 16 hingga 20, yang memberikan kestabilan struktural namun juga fleksibilitas yang diperlukan untuk pergerakan dan penyesuaian saat bernapas dan menelan (Linda. et al., 2024).

5. Bronkus

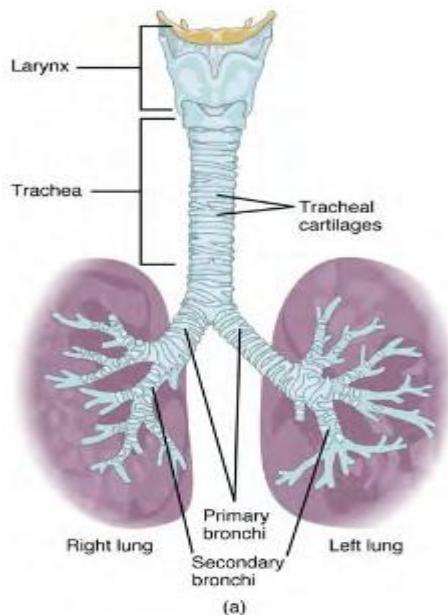
Trachea bercabang menjadi dua bronkus, satu mengarah ke setiap paru-paru (Campbell, 2020). Bronkus merupakan struktur yang bercabang dari trachea, terletak di antara trachea dan paru-paru. Ini adalah saluran udara yang membawa udara masuk dan keluar dari paru-paru. Bronkus dibagi menjadi dua cabang utama: bronkus kanan dan bronkus kiri. Bronkus kanan memiliki ciri khas yang berbeda dengan bronkus kiri. Sebagai contoh, bronkus kanan cenderung lebih pendek, lebih besar, dan posisinya lebih vertikal dalam tubuh manusia (Linda. et al., 2024).

6. Bronkiolus

Di dalam paru-paru, bronkus bercabang lagi menjadi tabung-tabung yang lebih kecil dan lebih halus yang disebut bronkiolus (Campbell, 2020). Bronkiolus adalah struktur kecil yang bercabang dari bronkus, menjadi bagian akhir dari sistem saluran udara sebelum mencapai alveolus. Bronkiolus terdiri dari saluran yang sangat kecil dan tipis, dengan dinding yang halus dan sensitif.

Dinding bronkiolus terdiri dari lapisan sel epitel yang tipis, yang memungkinkan perpindahan gas yang efisien antara udara dan darah di alveolus. Selain itu, bronkiolus juga dilapisi oleh otot polos yang memungkinkan kontraksi

dan ekspansi, mengatur aliran udara ke dalam dan keluar dari paru-paru dengan presisi yang diperlukan untuk fungsi pernapasan yang optimal. Bronkiolus memiliki peran yang sangat penting dalam proses pernapasan manusia. Sebagai cabang terakhir dari jalur udara sebelum mencapai alveolus, bronkiolus bertanggung jawab atas pengaturan aliran udara yang masuk ke dalam paru-paru (Linda. et al., 2024).

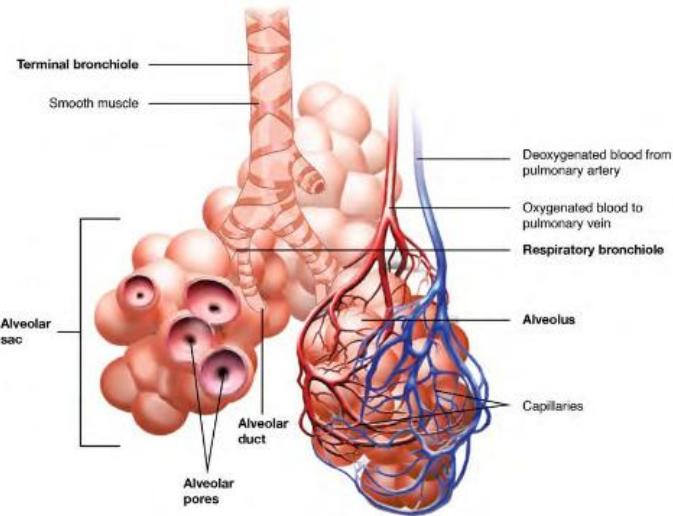


Gambar 2.4 Laring, Trakea, Bronkus dan Bronkiolus

(Sumber: OpenStax College, 2013)

7. Alveolus

Alveolus merupakan bagian dari paru-paru sebagai pusat pertukaran gas dalam sistem pernapasan yang berperan dalam mengambil oksigen dan melepaskan karbondioksida. Alveolus merupakan kantung udara yang sangat kecil di paru-paru. Lokasinya terletak di ujung bronkial dan berjumlah sekitar 480 juta kantung (Linda et al., 2024). Pertukaran gas pada mamalia terjadi di alveoli, kantung udara yang mengelompok di ujung bronkiolus terkecil. Paru-paru manusia mengandung jutaan alveoli, yang secara keseluruhan memiliki luas permukaan sekitar 100 m^2 (Campbell, 2020).



Gambar 2.5 Alveolus

(Sumber: OpenStax College, 2013)

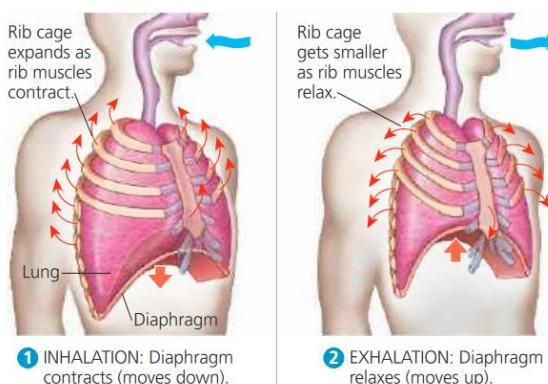
c. Mekanisme Pernapasan Manusia

1. Proses Ekspirasi

Proses ekspirasi merupakan proses pengeluaran udara dari tubuh. mekanismenya yaitu otot antar tulang rusuk, tulang dada berelaksasi, rongga dada mengecil, dan otot diafragma kembali ke posisi semulal yang mengakibatkan udara keluar.

2. Proses Inspirasi

Proses inspirasi merupakan proses udara masuk ke dalam paru-paru. Otot antar tulang rusuk, rongga dada berkontraksi, rongga dada membesar, otot diafragma berkontraksi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Mekanisme Pernapasan

(Sumber: Campbell, 2020)

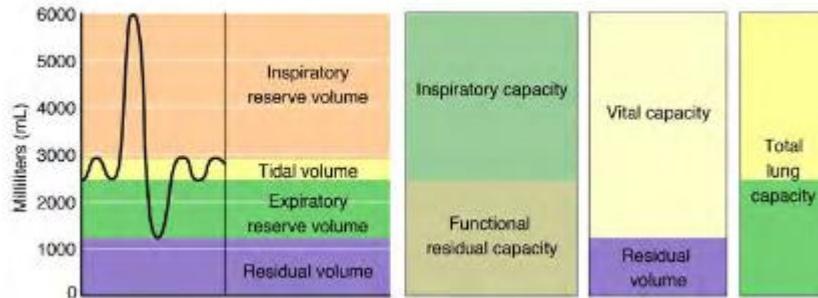
d. Kapasitas dan Volume Udara Pernapasan

Volume pernapasan mengacu pada jumlah udara yang bergerak masuk dan keluar dari paru-paru selama siklus pernapasan. Terdapat empat jenis utama volume pernapasan, yaitu volume tidal (TV), volume residu (RV), volume cadangan inspirasi (IRV), dan volume cadangan ekspirasi (ERV).

1. Volume tidal (TV) adalah jumlah udara yang masuk ke paru-paru saat bernapas dengan tenang, sekitar 500 ml.
2. Volume cadangan ekspirasi (ERV) adalah udara tambahan yang bisa dikeluarkan dengan ekspirasi paksa setelah pernapasan normal, hingga 1200 ml pada pria.
3. Volume cadangan inspirasi (IRV) merupakan udara ekstra yang dapat dihirup dengan inspirasi paksa, melebihi inspirasi tidal.
4. Volume residu (RV) adalah udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi maksimum, yang membantu mencegah kolapsnya alveoli dan mempermudah pernapasan.

Pengukuran volume ini memberikan wawasan penting tentang kesehatan sistem pernapasan seseorang. Selain itu, kapasitas pernapasan merupakan kombinasi dari dua atau lebih jenis volume pernapasan dan memberikan gambaran lebih luas tentang kapasitas paru-paru pada waktu tertentu.

1. Kapasitas paru-paru total (TLC), misalnya, adalah jumlah keseluruhan dari TV, IRV, ERV, dan RV, yang menggambarkan volume maksimum udara yang dapat ditahan paru-paru. TLC biasanya sekitar 6000 ml untuk pria dan 4200 ml untuk wanita.
2. Kapasitas vital (VC) adalah jumlah total udara yang dapat dihembuskan atau dihirup tanpa menyertakan volume residu, berkisar antara 4000-5000 ml.
3. Kapasitas inspirasi (IC) adalah udara maksimum yang dapat dihirup setelah ekspirasi tidal, yang terdiri dari TV dan IRV.
4. Kapasitas residu fungsional (FRC) adalah jumlah udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi tidal normal, yaitu kombinasi ERV dan RV (OpenStax College, 2013).

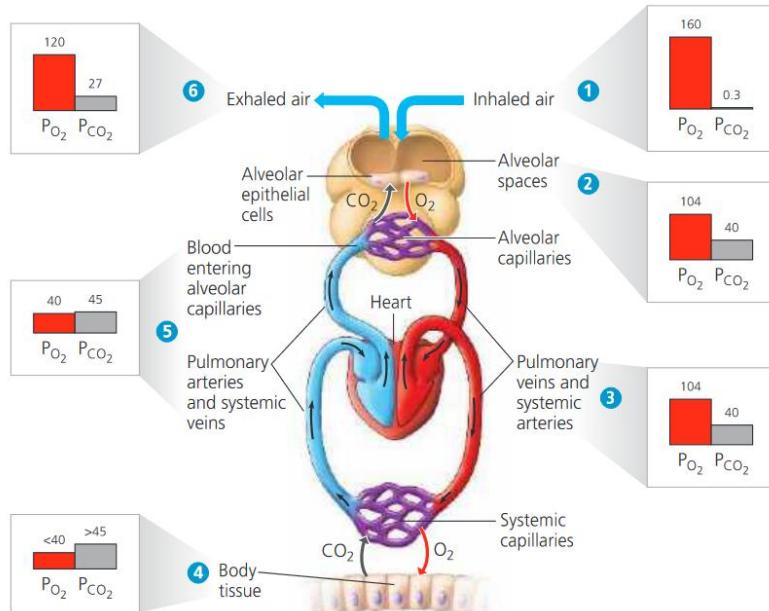


Gambar 2.7 Volume Pernapasan

(Sumber: OpenStax College, 2013)

e. Mekanisme Pertukaran Gas O₂ dan CO₂

Pengangkutan oksigen dilakukan oleh hemoglobin dan darah. Pertukaran oksigen dan karbondioksida yang terjadi di paru-paru disebut pernafasan eksternal, sedangkan pertukaran oksigen dan karbondioksida di jaringan tubuh disebut pernafasan internal. Pertukaran gas O₂ dan CO₂ terdapat respirasi internal dan respirasi eksternal. Respirasi eksternal merupakan proses pertukaran gas antara darah dan atmosfer sedangkan respirasi internal adalah proses pertukaran gas antara darah sirkulasi dan sel jaringan yang berlangsung di seluruh tubuh.



Gambar 2.8 Pertukaran Gas

(Sumber: Campbell, 2020)

f. Homeostatis dalam Sistem Pernapasan pada Manusia

Konsep homeostasis pertama kali diperkenalkan oleh Walter Cannon, yang menjelaskan bahwa tubuh memiliki kemampuan untuk mempertahankan keadaan stabil yang dinamis dalam lingkungan internal (*milieu intérieur*) yakni cairan yang mengelilingi dan berinteraksi dengan sel-sel tubuh. Karena sel tidak bersentuhan langsung dengan lingkungan luar, kelangsungan hidupnya sangat bergantung pada kestabilan lingkungan internal tersebut. Oksigen (O_2) dan zat gizi, misalnya, harus terus-menerus diganti secepat penggunaannya oleh sel (George, 2005).

Salah satu sistem tubuh yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ini adalah sistem pernapasan. Sistem ini berfungsi mengambil oksigen dari lingkungan eksternal dan mengeluarkan karbon dioksida (CO_2) ke luar tubuh. Selain itu, dengan mengatur kecepatan pengeluaran CO_2 yang dapat membentuk asam karbonat (H_2CO_3) sistem pernapasan turut menjaga keseimbangan pH cairan tubuh. Keseimbangan antara kadar O_2 dan CO_2 menjadi sangat penting, karena oksigen dibutuhkan dalam proses oksidasi zat makanan untuk menghasilkan energi, sementara CO_2 hasil reaksi kimia tersebut harus segera dikeluarkan agar tidak menurunkan pH darah.

Dalam kondisi istirahat, tubuh menggunakan sekitar 200 ml oksigen per menit. Saat melakukan aktivitas berat, konsumsi oksigen bisa meningkat hingga 30 kali lipat. Untuk memenuhi kebutuhan ini, tubuh memiliki mekanisme otomatis yang menyesuaikan laju dan kedalaman napas sesuai tuntutan metabolismik. Irama pernapasan diatur oleh sistem saraf di medula oblongata dan pons, yang mengirim impuls ke otot-otot pernapasan seperti diafragma dan otot interkostal. Ketika otot-otot ini berkontraksi dan relaksasi, ukuran rongga dada berubah, memungkinkan proses inspirasi dan ekspirasi berlangsung.

1) Regulasi Homeostatis dalam Sistem Pernapasan

Regulasi homeostatis pada sistem pernapasan berperan penting dalam menjaga keseimbangan kadar gas, terutama oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2), serta kestabilan pH darah. Ketika kadar CO_2 dalam darah meningkat, pH darah menurun akibat terbentuknya asam karbonat (H_2CO_3). Kondisi ini dideteksi oleh kemoreseptor yang terletak di medula oblongata, aorta, dan karotis. Sebagai

respons, pusat pernapasan di medula mengirimkan sinyal ke otot pernapasan untuk meningkatkan frekuensi dan kedalaman napas (hiperventilasi), sehingga CO₂ dapat dikeluarkan lebih banyak dan pH darah kembali normal (Guyton & Hall, 2020; Sherwood, 2016).

Sebaliknya, ketika kadar oksigen menurun (hipoksia), kemoreseptor perifer pada aorta dan karotis akan merangsang peningkatan laju pernapasan untuk memenuhi kebutuhan oksigen jaringan (Tortora & Derrickson, 2011). Tubuh juga memiliki refleks otomatis bernama refleks Hering Breuer, yaitu mekanisme yang mencegah paru-paru mengembang berlebihan. Receptor regangan pada alveolus mengirim sinyal ke pusat pernapasan untuk menghentikan inspirasi dan memulai ekspirasi, menjaga keutuhan jaringan paru (Widmaier, Raff, & Strang, 2019).

2) Kadar Normal Gas dan pH Darah

Dalam kondisi normal, tekanan parsial oksigen dalam darah arteri (PaO₂) berkisar antara 80-100 mmHg dengan saturasi oksigen (SpO₂) sekitar 95-100%. Sedangkan tekanan parsial oksigen dalam darah vena (PvO₂) lebih rendah, yaitu 35-45 mmHg, karena sebagian O₂ telah digunakan oleh jaringan tubuh (Guyton & Hall, 2020; Sherwood, 2016). Untuk karbon dioksida, tekanan parsial dalam darah arteri (PaCO₂) berada pada 35-45 mmHg, dan dalam darah vena (PvCO₂) sekitar 45-50 mmHg (Tortora & Derrickson, 2017). Perubahan kecil pada kadar CO₂ memiliki dampak besar terhadap pH darah, yang secara normal berada di kisaran 7,35-7,45. Peningkatan CO₂ (hiperkapnia) menurunkan pH darah, sedangkan penurunan CO₂ (hipokapnia) akibat hiperventilasi menyebabkan alkalosis respiratorik (Widmaier, Raff, & Strang, 2019).

Tubuh mengontrol hal ini melalui mekanisme umpan balik negatif yang melibatkan kemoreseptor dan pusat pernapasan. Ketika CO₂ meningkat atau pH menurun, kemoreseptor merangsang pusat pernapasan di medula untuk meningkatkan laju dan kedalaman napas. Sebaliknya, jika CO₂ menurun atau pH meningkat, laju napas akan ditekan agar keseimbangan kembali tercapai (Guyton & Hall, 2020; Hall, 2016).

Faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi adalah sebagai berikut:

1) Usia

Anak-anak lebih banyak frekuensi pernapasannya dari pada orang dewasa. Hal ini disebabkan anak-anak masih dalam usia pertumbuhan sehingga banyak memerlukan energi. Oleh sebab itu, kebutuhan akan oksigen juga lebih banyak dibandingkan orang tua.

2) Jenis kelamin.

Laki-laki lebih banyak frekuensi pernapasannya dari pada perempuan. Semakin banyak energi yang dibutuhkan, berarti semakin banyak pula O₂ yang diambil dari udara. Hal ini terjadi karena laki-laki umumnya beraktivitas lebih banyak dari pada perempuan.

3) Suhu tubuh

Semakin tinggi suhu tubuh (demam) maka frekuensi pernapasan akan semakin cepat. Di lingkungan yang panas tubuh mengalami peningkatan metabolisme untuk mempertahankan suhu agar tetap stabil. Untuk itu tubuh harus lebih banyak mengeluarkan keringat agar menurunkan suhu tubuh. Aktivitas ini membutuhkan energi yang dihasilkan dari peristiwa oksidasi dengan menggunakan oksigen sehingga akan dibutuhkan oksigen yang lebih banyak untuk meningkatkan frekuensi.

4) Posisi tubuh

Frekuensi pernapasan meningkat saat berjalan atau berlari dibandingkan posisi diam. Frekuensi pernapasan posisi berdiri lebih cepat dibandingkan posisi duduk. Frekuensi pernapasan posisi tidur terlentang lebih cepat dibandingkan posisi tengkurap.

5) Aktivitas

Orang yang melakukan aktivitas kerja membutuhkan energi. Berarti semakin berat kerjanya maka semakin banyak kebutuhan energinya, sehingga frekuensi pernapasannya semakin cepat.

Mekanisme homeostasis pada sistem pernapasan merupakan hasil kerja sama yang kompleks antara sistem saraf pusat, kemoreseptor, dan otot pernapasan. Melalui proses ini, tubuh mampu menjaga kadar O₂ dan CO₂ serta pH darah dalam

batas fisiologis yang normal. Keseimbangan ini sangat penting untuk mendukung aktivitas enzimatik, metabolisme sel, dan fungsi organ secara optimal, sehingga tubuh dapat beradaptasi terhadap berbagai kondisi internal maupun eksternal dengan efisien.

g. Gangguan Sistem Pernapasan

1) Emfisema

Emfisema merupakan pembesaran ruang udara distal bronkiolus, karena kerusakan dinding ruang udara dan tanpa fibrosis yang jelas. Emfisema dibagi menjadi 4 tipe yaitu centriacinar, panasinar, asinar, dan irregular.

2) Asma

Asma merupakan penyakit pernapasan obstruktif yang ditandai inflamasi saluran napas dan spasme akut otot polos bronkiolus. Kondisi ini menyebabkan produksi mucus yang berlebihan menumpuk, penyumbatan aliran udara, dan penurunan ventilasi alveolus.

3) Pneumonia

Pneumonia dimulai dengan infeksi dalam alveolus, membrane paru-paru mengalami peradangan dan berlubang-lubang sehingga cairan dan bahkan sel darah merah dan sel darah putih keluar dari darah masuk ke dalam alveoli. Kemudian alveoli yang terinfeksi terisi dengan cairan dan sel-sel.

4) Kanker Paru-paru

Kanker paru-paru merupakan penyakit yang membentuk tumor yang ganas atau jinak, tidak terkendali pertumbuhannya yang terletak di jaringan paru-paru, yang menyebabkan penurunan aspek fungsi pernapasan .

5) Tuberkolosis (TBC)

Tuberkolosis merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tubercoulosis* yang menyebabkan pembentukan tuberkel yang memecah jaringan pernapasan dan membentuk rongga di paru-paru.

6) Bronchitis

Bronchitis merupakan batuk produktif yang persisten selama 3 bulan berturut-turut, yang disebabkan oleh menghirup asam atau polutan udara yang mengakibatkan hipersekresi mucus oleh kelenjar bronkial.

2.2 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Asriani, et al. (2021) menunjukkan bahwa model pembelajaran ADI cocok diterapkan pada kegiatan pembelajaran IPA di sekolah karena dari penelitian yang dilakukan memberikan perbedaan hasil belajar IPA dan kemampuan argumentasi peserta didik yang belajar dengan model ini lebih tinggi dari pada peserta didik yang belajar dengan pendekatan saintifik.

Penelitian Sampson, V& Gleim, L (2009) yang berjudul *Argument-Driven Inquiry to the Understanding of Important Concepts & Practices in Biology* dalam *National Association of Biology Teachers* menjadi landasan penting dalam melaksanakan model pembelajaran ADI. Sintesis ini memberikan dasar yang kuat untuk menerapkan sintak model *Argument Driven Inquiry* (ADI) dalam pembelajaran.

Penelitian Magalhães (2020) yang berjudul *Teaching how to develop an argument using the Toulmin model* dalam *International Journal of Multidisciplinary and Current Educational Research* menjadi landasan penting dalam peningkatan argumentasi ilmiah. Pengembangan pembelajaran dalam peningkatan argumentasi ilmiah terbukti efektif dalam membantu peserta didik membangun argumen yang terstruktur dan logis. Sintesis ini memberikan dasar kuat untuk menerapkan kerangka Toulmin secara interaktif guna memperkuat kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik.

Penelitian oleh Siska, et al. (2020) menunjukkan pendekatan Socio-scientific Issue dapat meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik karena dalam proses pembelajaran menggunakan pendekatan ini, peserta didik diperkenalkan, mengevaluasi, menganalisis dan membuat keputusan terkait isu-isu sosial dari perspektif pengetahuan sains. Sintesis ini memberikan dasar kuat dalam

mengintegrasikan SSI dalam pembelajaran menggunakan model ADI guna meningkatkan kemampuan argumentasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Chin, C., & Osborne, J (2010) menekankan bahwa diskusi kelompok terstruktur, didukung oleh pertanyaan spesifik dan kerangka kerja argumen, mendorong peserta didik untuk terlibat secara mendalam dengan konsep-konsep ilmiah dan sudut pandang satu sama lain. Sitasi ini menguatkan dalam penggunaan diagram argumen dan lembar kerja argumen, untuk membantu peserta didik mengorganisasi dan mengartikulasikan argumen mereka selama diskusi kelompok.

2.3 Kerangka Berpikir

2.3.1 Efektivitas Model ADI Terintegrasi SSI terhadap Kemampuan Argumentasi Peserta Didik

Kemampuan argumentasi merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang memungkinkan peserta didik untuk mengajukan klaim berdasarkan bukti, menjelaskan alasan logis, dan mempertahankan pendapat secara ilmiah. Namun, hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi peserta didik di tingkat MTs Idrisiyyah masih tergolong rendah terutama pada aspek *data*, *warrant*, dan *rebuttal*.

Model *Argument Driven Inquiry* (ADI) dirancang untuk meningkatkan kemampuan tersebut melalui tahapan yang melibatkan kegiatan investigasi, pembuatan argumen sementara, sesi argumentasi, hingga penulisan laporan ilmiah. Setiap tahap mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dan menyusun argumen berdasarkan bukti empiris. Ketika ADI diintegrasikan dengan *Socio-Scientific Issues* (SSI), peserta didik dihadapkan pada isu nyata yang bersifat sosial dan ilmiah, seperti masalah kesehatan pernapasan akibat polusi udara. Isu-isu ini menuntut mereka untuk menghubungkan konsep sains dengan konteks sosial sehingga memperkaya proses argumentatif. Dengan demikian, penulis menduga model ADI terintegrasi SSI efektif terhadap kemampuan argumentasi peserta didik.

2.3.2 Efektivitas Model ADI Terintegrasi SSI terhadap Kemampuan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik

Kemampuan komunikasi ilmiah merupakan keterampilan esensial abad ke-21 yang mencakup kemampuan menyampaikan ide, hasil pengamatan, serta penalaran ilmiah baik secara lisan maupun tulisan. Komunikasi ilmiah meliputi enam indikator utama: *information retrieval, scientific reading, scientific writing, listening and observing, information representation, dan knowledge presentation*. Model ADI menyediakan berbagai kesempatan bagi peserta didik untuk mengembangkan seluruh aspek tersebut. Dalam proses argumentasi ilmiah, peserta didik berlatih menyampaikan ide (presentasi argumen), mendengarkan dan menanggapi argumen teman (diskusi kelompok), serta menulis laporan ilmiah yang sistematis. Integrasi dengan SSI memperluas konteks komunikasi ilmiah karena peserta didik didorong untuk menjelaskan dan membahas isu-isu sosial dengan bahasa ilmiah yang dapat dipahami berbagai kalangan. Oleh karena itu, ADI terintegrasi SSI diprediksi efektif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik, karena model ini tidak hanya menekankan penyampaian informasi ilmiah, tetapi juga mengajarkan cara berkomunikasi berbasis data dan etika ilmiah yang relevan dengan kehidupan sosial.

2.3.3 Efektivitas Model ADI Terintegrasi SSI terhadap Kemampuan Argumentasi dan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik

Kemampuan argumentasi dan komunikasi ilmiah saling berkaitan erat. Argumentasi yang baik memerlukan kemampuan komunikasi yang efektif, sementara komunikasi ilmiah yang bermakna bergantung pada argumentasi yang logis dan berbasis bukti. Dalam pembelajaran berbasis ADI-SSI, kedua kemampuan ini dikembangkan secara simultan. Peserta didik tidak hanya belajar membangun dan mempertahankan argumen berdasarkan data eksperimen, tetapi juga menyampaikan dan mendiskusikan hasil temuannya secara ilmiah.

Integrasi SSI dalam model ADI memperkuat relevansi dan makna pembelajaran, karena peserta didik dilatih untuk menganalisis isu sosial ilmiah, mengambil posisi berdasarkan bukti, serta mengomunikasikannya secara etis dan rasional. Proses ini mendukung terbentuknya *scientific literacy* dan *critical*

citizenship yang menjadi tujuan utama pendidikan sains modern. Kombinasi antara kegiatan *inquiry*, *argumentation*, dan *communication* menjadikan model ADI terintegrasi SSI yang tidak hanya meningkatkan hasil belajar kognitif, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*). Proses argumentatif dalam ADI mendorong penguatan logika dan keakuratan bukti, sedangkan pendekatan SSI menumbuhkan empati ilmiah, kesadaran sosial, dan kemampuan komunikasi lintas konteks. Dengan demikian, penulis menduga model ADI terintegrasi SSI secara konseptual dan empiris efektif terhadap kemampuan argumentasi peserta didik secara bersamaan, karena keduanya tumbuh dalam lingkungan pembelajaran yang kolaboratif, berbasis bukti, dan kontekstual.

2.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 **H₀** : Model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Sosio-Scientific Issues* (SSI) tidak efektif terhadap kemampuan argumentasi peserta didik.
- 2 **H₁** : Model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Sosio-Scientific Issues* (SSI) efektif terhadap kemampuan argumentasi peserta didik.
- 3 **H₀** : Model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Sosio-Scientific Issues* (SSI) tidak efektif terhadap kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik.
- 4 **H₂** : Model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Sosio-Scientific Issues* (SSI) efektif terhadap kemampuan komunikasi ilmiah peserta didik.
- 5 **H₀** : Model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Sosio-Scientific Issues* (SSI) tidak efektif terhadap kemampuan argumentasi dan komunikasi ilmiah peserta didik.

H₃ : Model *pembelajaran Argument Driven Inquiry* (ADI) terintegrasi *Sosio-Scientific Issues* (SSI) efektif terhadap kemampuan argumentasi dan komunikasi ilmiah peserta didik.