

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1. Kajian Pustaka

2.1.1 Keterampilan Argumentasi Ilmiah

Argumentasi dapat diartikan sebagai suatu upaya memberikan alasan yang rasional dan logis untuk mendukung atau menolak suatu pendapat, pandangan, atau gagasan tertentu. Menurut Keraf, argumentasi merupakan bentuk retorika yang bertujuan memengaruhi sikap, keyakinan, dan pandangan orang lain sehingga mereka menerima serta bertindak sesuai dengan kehendak penulis atau pembicara. Argumentasi memiliki kedudukan yang sangat fundamental karena menjadi landasan dalam pengembangan ilmu pengetahuan (Rangga et al, 2020).

Argumentasi ilmiah adalah berpikir ilmiah yang memerlukan pemikiran kritis untuk memberikan sebuah alasan atas suatu informasi berdasarkan fakta. Suatu pernyataan yang disertai dengan data pendukung dan sesuai dengan datanya maka pernyataan tersebut dapat dipertimbangkan kebenarannya. Argumentasi ilmiah berperan penting dalam pembelajaran karena mengarahkan peserta didik untuk menguasai konsep, keterampilan, kemampuan berpikir, serta berkomunikasi secara efektif (Ashfy & Admoko, 2024).

Argumentasi ilmiah berfungsi untuk menjembatani kesenjangan antara gagasan dan bukti melalui pernyataan yang logis dan terverifikasi. Kemampuan seseorang dalam berargumentasi ilmiah tercermin dari kemampuannya memahami fenomena, mengemukakan penalaran secara terstruktur, serta meyakinkan orang lain terhadap kebenaran gagasannya. Untuk mencapai hal tersebut, peserta didik perlu membangun dan mendukung penalaran mereka dengan bukti yang relevan, mempertahankan ide secara logis, serta bersikap terbuka terhadap kemungkinan revisi baik terhadap pernyataan sendiri maupun terhadap argumen orang lain berdasarkan temuan empiris yang lebih kuat (L. Ioanna et al, 2022).

Toulmin's Argumentation Pattern (TAP) merupakan sebuah kerangka konseptual yang dikembangkan oleh Stephen Toulmin untuk menganalisis dan menyusun argumen secara logis dan sistematis. Keterampilan argumentasi ilmiah terdiri dari empat komponen utama, yaitu *claim*, *data*, *warrant*, dan *backing*. Klaim

merupakan pernyataan utama atau proposisi yang diajukan oleh individu sebagai inti argumen. Data berfungsi sebagai bukti empiris atau fakta yang mendukung klaim tersebut. *Warrant* berperan sebagai jembatan logis yang menghubungkan data dengan klaim, menjelaskan mekanisme atau alasan mengapa data tersebut relevan dan mendukung klaim. Serta *backing* memberikan dukungan tambahan yang memperkuat *warrant*, biasanya berupa teori, prinsip, atau otoritas yang valid (Amiruddin et al., 2022).

Keterampilan argumentasi merupakan salah satu kompetensi fundamental dalam pembelajaran fisika yang berperan penting dalam membantu peserta didik memperoleh pemahaman konsep secara mendalam, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, serta meningkatkan keterampilan komunikasi ilmiah. Melalui penerapan argumentasi, peserta didik mampu mengintegrasikan teori dengan fenomena empiris, melakukan analisis data secara sistematis, serta merumuskan klaim yang didukung oleh bukti yang valid. Proses ini tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual peserta didik, tetapi juga melatih mereka untuk berpikir secara logis dan bersikap terbuka terhadap berbagai perspektif alternatif (Amelia et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti memandang bahwa argumentasi ilmiah merupakan keterampilan peserta didik dalam menyampaikan pendapat atau gagasan secara logis, sistematis, dan berdasarkan fakta serta bukti ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan. Dalam prosesnya, peserta didik tidak hanya dituntut untuk mengemukakan klaim, tetapi juga harus terampil menyajikan data pendukung, menjelaskan hubungan logis antara data dan klaim, serta memperkuat argumen dengan teori atau sumber yang relevan. Keterampilan argumentasi ilmiah berperan penting dalam membantu peserta didik mengembangkan pola pikir kritis, menganalisis fenomena secara rasional, serta membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berbasis pada penalaran ilmiah.

Berikut merupakan indikator keterampilan argumentasi menurut ahli Toulmin (2003) yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah

Indikator	Kriteria	Contoh dalam Pembelajaran
<i>Claim</i> (Klaim)	Pernyataan atau posisi yang diajukan untuk dibuktikan. Klaim tersebut harus dirumuskan secara jelas dan spesifik agar dapat dipahami dengan baik serta menjadi dasar yang kuat untuk dilakukan argumentasi.	Peserta didik diarahkan untuk membaca materi yang akan dipelajari serta didorong untuk mengamati fenomena dan mengemukakan pendapat awal berdasarkan pemahaman yang dimiliki sebelumnya.
<i>Data</i> (Data)	Merujuk pada informasi faktual yang mendukung klaim, yang dapat berupa hasil penelitian, statistik, atau contoh empiris. Data berfungsi sebagai bukti objektif yang memperkuat validitas klaim yang diajukan.	Peserta didik belajar mengumpulkan informasi yang relevan untuk mendukung <i>claim</i> yang telah mereka ajukan sebelumnya. Proses ini membantu peserta didik memahami bahwa suatu argumen ilmiah tidak cukup hanya berdasarkan pendapat, tetapi juga harus diperkuat dengan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.
<i>Warrant</i> (Alasan Ilmiah)	Penghubung logis antara <i>data</i> dan <i>claim</i> , yang menjelaskan dasar rasional mengapa data yang disajikan relevan serta mendukung kebenaran klaim.	Peserta didik menjelaskan alasan ilmiah mengapa data tersebut dapat mendukung <i>claim</i> yang diajukan. Dengan demikian, peserta didik mulai memahami hubungan sebab-akibat yang mendasari suatu fenomena.
<i>Backing</i> (Dukungan/ Penguatan)	Argumen pendukung tambahan yang berfungsi memperkuat <i>warrant</i> . Unsur ini memberikan konteks yang lebih mendalam atau bukti tambahan untuk memperkuat alasan yang diajukan.	Peserta didik diminta menambahkan dukungan berupa konsep, teori, maupun hasil penelitian yang relevan untuk memperkuat argumen ilmiah yang disusun.

(Toulmin, 2003)

2.1.2 Model Pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation*, dan *Resume* (WE-ARe)

Model WE-ARe merupakan model pembelajaran yang menekankan pada elaboratif dan kolaboratif peserta didik serta bersifat *active learning* berbasis konstruktivis. Model WE-ARe juga merupakan sebuah model pembelajaran inovatif

dalam dunia pendidikan yang bertujuan untuk mengembangkan keterampilan kognitif, argumentatif, dan reflektif peserta didik. (Amin, Karmila, et al., 2023).

Model pembelajaran WE-ARe merupakan pengembangan dari model pembelajaran kooperatif (*cooperative learning*) , dengan penguatan pada aktivitas argumentasi dan eksplorasi konsep. Model WE-ARe berakar pada teori konstruktivisme di mana pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial atau kolaborasi antar peserta didik. Model pembelajaran ini merupakan model pembelajaran baru yang dikembangkan oleh peneliti untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran peserta didik di era Industri 4.0 menuju era *Society* 5.0 (Amin, Adiansyah, et al., 2023). Model ini tidak memiliki penemu tunggal, melainkan dikembangkan oleh beberapa peneliti yang menggunakan model pembelajaran ini dalam penelitiannya.

Model pembelajaran WE-ARe memiliki empat sintaks yaitu *Warm-up*, *Exploring*, *Argumentation*, dan *Resume*. Tahapan model WE-ARe yaitu tahap *warm-up* diartikan sebagai fase persiapan peserta didik dengan melakukan aktivitas membaca yang dilanjutkan dengan menjawab pertanyaan awal mengenai materi yang akan diajarkan. Tahap *exploring* peserta didik akan melakukan kegiatan berupa pemecahan suatu masalah. Tahap *argumentation* melatih peserta didik untuk berargumentasi atau menyatakan pendapat mereka. Tahap *resume* dilakukan melalui penyusunan ringkasan dan simpulan materi yang telah diajarkan (Ainurhayati, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti memandang bahwa model pembelajaran WE-ARe merupakan model pembelajaran berbasis konstruktivisme yang dirancang untuk mendorong peserta didik belajar secara aktif, kolaboratif, dan reflektif melalui kegiatan eksplorasi serta argumentasi ilmiah. Model ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran sehingga mereka terlibat secara langsung dalam membangun pengetahuan melalui diskusi, pemecahan masalah, dan penyampaian pendapat berdasarkan bukti yang relevan. Melalui tahapan *warm-up*, *exploring*, *argumentation*, dan *resume*, model WE-ARe tidak hanya membantu peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam, tetapi

juga melatih keterampilan argumentasi ilmiah, serta kemampuan bekerja sama dan mengomunikasikan gagasan secara sistematis dalam proses pembelajaran.

Menurut (Amin, Karmila, et al., 2023) tahapan dan tujuan model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation*, dan *Resume* (WE-ARe) yaitu berdasarkan Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Tahapan Model Pembelajaran WE-ARe

No	Sintaks	Kegiatan Pembelajaran	
		Kegiatan Guru	Kegiatan Peserta didik
1	<i>Warm-up</i> (Pemanasan)	• Guru menyiapkan <i>trigger question</i> atau fenomena nyata terkait topik pelajaran untuk memancing rasa ingin tahu peserta didik. • Guru meminta peserta didik membaca materi pengantar kemudian menuliskan minimal dua pertanyaan yang belum mereka pahami. • Guru mengajak peserta didik berbagi pertanyaan agar menjadi fokus pembahasan kelas.	• Peserta didik memperhatikan fenomena nyata atau pertanyaan pemantik yang disampaikan guru. • Peserta didik membaca materi yang diberikan guru secara mandiri. Peserta didik menuliskan minimal dua pertanyaan tentang hal yang belum dipahami. • Peserta didik menyampaikan pertanyaan mereka secara sukarela atau ditunjuk untuk menjadi bahan fokus diskusi kelas.
2	<i>Exploring</i> (Eksplorasi)	• Guru membagi peserta didik ke dalam kelompok kecil dan memberikan lembar soal studi kasus yang dikerjakan secara masing-masing. • Guru memfasilitasi sumber data yang relevan. • Guru berperan sebagai fasilitator yang berkeliling, memberikan bimbingan, dan mengajukan pertanyaan	• Peserta didik masuk ke kelompok kecil sesuai arahan guru. • Peserta didik mengerjakan soal studi kasus secara individu terlebih dahulu pada lembar kerja yang dibagikan. • Peserta didik mencari informasi dari buku, internet, atau sumber yang diberikan guru untuk mendukung jawaban mereka.

No	Sintaks	Kegiatan Pembelajaran	
		Kegiatan Guru	Kegiatan Peserta didik
		penuntun agar peserta didik tetap fokus pada tujuan pembelajaran.	• Peserta didik mendiskusikan hasil kerja individu, saling mengoreksi, dan menyatukan jawaban menjadi kesimpulan kelompok.
3	<i>Argumentation</i> (Argumentasi)	• Guru memberikan kesempatan setiap kelompok untuk menyampaikan pendapat atau temuan hasil diskusinya. • Guru mengarahkan peserta didik untuk memberikan tanggapan terhadap kelompok yang sedang menyampaikan pendapat, baik berupa pertanyaan maupun tambahan. • Guru mendorong terciptanya diskusi sehat dengan memfasilitasi peserta didik untuk menyampaikan argumen berbasis data atau hasil penyelidikan.	• Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil temuan atau jawaban mereka di depan kelas. • Peserta didik dari kelompok lain mengajukan pertanyaan, memberi komentar, atau menambahkan pendapat berdasarkan data yang mereka temukan. • Peserta didik berlatih menyampaikan pendapat dengan alasan logis, bukti, berdasarkan hasil penyelidikan.
4	<i>Resume</i> (Ringkasan)	• Guru meminta setiap peserta didik menulis rangkuman pribadi berupa kesimpulan dari pembelajaran yang telah disampaikan. • Guru menampilkan kesimpulan umum. • Guru memberikan umpan balik singkat tentang kualitas rangkuman peserta didik dan menekankan poin-poin penting	• Peserta didik menulis kesimpulan berdasarkan hasil diskusi dan pembelajaran hari itu. • Peserta didik memperhatikan kesimpulan umum yang ditampilkan guru. • Peserta didik mencermati umpan balik dari guru terkait rangkuman yang dibuat dan memperbaiki jika diperlukan.

No	Sintaks	Kegiatan Pembelajaran	
		Kegiatan Guru	Kegiatan Peserta didik
		sebagai peneguhan konsep.	

2.1.3 Kaitan Model Pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe) dengan keterampilan argumentasi ilmiah

Model *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe) memiliki keterkaitan erat dengan pengembangan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik. Hal ini disebabkan karena kedua aspek tersebut sama-sama menekankan pentingnya pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep Fisika yang sedang dipelajari. Melalui penerapan model WE-ARe, peserta didik tidak hanya dituntut untuk menemukan jawaban dari suatu permasalahan, tetapi juga dilatih untuk mengajukan klaim yang didukung oleh data, menjelaskan alasan logis melalui *warrant*, serta memperkuat argumennya dengan *backing* yang relevan. Proses ini secara langsung mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah, berpikir kritis, serta mengintegrasikan bukti empiris dengan teori yang dipelajari. Dengan demikian, model WE-ARe berperan penting dalam memfasilitasi peserta didik agar lebih aktif, reflektif, dan analitis dalam memahami fenomena Fisika, sekaligus meningkatkan kualitas keterampilan argumentasi ilmiah mereka.

Kaitan antara model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe) dengan keterampilan argumentasi ilmiah dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Keterkaitan Model Pembelajaran WE-Are dengan Keterampilan Argumentasi Ilmiah

Tahapan	Kegiatan Pembelajaran	Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah
Pemanasan (<i>Warm-up</i>)	Peserta didik diarahkan untuk membaca materi yang akan dipelajari serta didorong untuk mengamati fenomena dan mengemukakan pendapat awal berdasarkan	<i>Claim</i> (memberikan klaim)

Tahapan	Kegiatan Pembelajaran	Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah
	pemahaman yang dimiliki sebelumnya.	
Eksplorasi (<i>Exploring</i>)	Peserta didik melakukan kegiatan penyelidikan ilmiah melalui pemecahan masalah yang relevan dengan topik pembelajaran.	<i>Data</i> (menganalisis data)
		<i>Warrant</i> (menjelaskan alasan)
Argumentasi (<i>Argumentation</i>)	Peserta didik terlibat dalam berbagai aktivitas, seperti presentasi kelompok, menjawab pertanyaan, memberikan tanggapan terhadap argumen teman sebaya, serta menerima umpan balik.	<i>Backing</i> (memberikan dukungan)
Ringkasan (<i>Resume</i>)	Peserta didik diminta untuk menyusun rangkuman dari materi yang telah dipelajari serta merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil diskusi dan aktivitas sebelumnya.	Semua indikator: <i>claim</i> (memberikan klaim), <i>data</i> (menganalisis data), <i>warrant</i> (menjelaskan alasan), dan <i>backing</i> (memberikan dukungan).

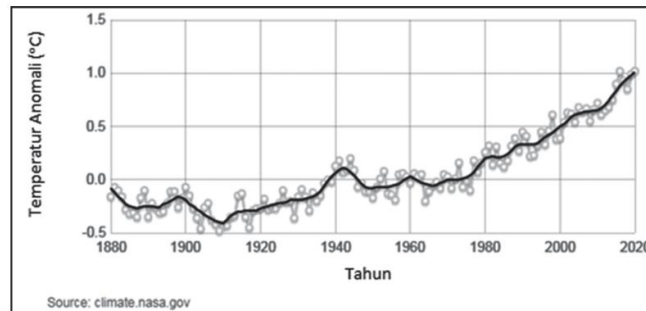
2.1.4 Materi Pemanasan Global

Berdasarkan keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan dasar dan Menengah Nomor 046/H/KR/2025 menyebutkan bahwa pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan untuk responsif terhadap isu-isu global dan berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah. Kemampuan tersebut antara lain mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses dan menganalisis data dan informasi, mengevaluasi dan refleksi, mengkomunikasikan hasil dalam bentuk proyek sederhana atau simulasi visual menggunakan aplikasi teknologi yang tersedia terkait dengan energi alternatif, pemanasan global, pencemaran lingkungan, nano teknologi, bioteknologi, kimia dalam kehidupan sehari-hari, pemanfaatan limbah dan bahan alam, pandemi akibat infeksi virus. Semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*). Salah

satu materi yang menjadi fokus bahasan pada akhir fase E adalah materi Pemanasan Global. Pemanasan global merupakan salah satu topik penting yang dibahas dalam pembelajaran Fisika pada jenjang SMA kelas X semester genap. Materi ini berfokus pada pemahaman mengenai perubahan suhu bumi akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca, serta keterkaitannya dengan prinsip-prinsip fisika seperti perpindahan kalor, efek rumah kaca, dan keseimbangan energi bumi. Melalui pembelajaran ini, peserta didik diharapkan mampu memahami secara ilmiah penyebab, dampak, serta upaya mitigasi terhadap pemanasan global dalam konteks kehidupan nyata.

Pemanasan global didefinisikan sebagai fenomena meningkatnya suhu rata-rata permukaan Bumi dalam jangka waktu yang panjang. Fenomena ini merupakan salah satu indikator utama perubahan iklim yang menjadi perhatian global. Berdasarkan hasil analisis jangka panjang yang dilakukan oleh para ilmuwan dari *Goddard Institute for Space Studies* (GISS), NASA, diperoleh temuan bahwa suhu rata-rata global telah mengalami peningkatan lebih dari 1 °C sejak tahun 1880 hingga saat ini. Peningkatan ini tidak hanya bersifat fluktuatif, tetapi menunjukkan tren kenaikan yang konsisten dari dekade ke dekade, yang mengindikasikan adanya pengaruh signifikan dari aktivitas antropogenik, seperti emisi gas rumah kaca dan deforestasi.

Lebih lanjut, *World Meteorological Organization* (WMO) memproyeksikan bahwa pada tahun 2024 suhu rata-rata global berpotensi meningkat hingga mencapai 1,5 °C dibandingkan dengan era praindustri. Proyeksi ini memperkuat urgensi bagi komunitas ilmiah dan pembuat kebijakan untuk mengambil langkah-langkah mitigasi yang lebih komprehensif, termasuk pengurangan emisi karbon, transisi menuju energi terbarukan, serta penerapan kebijakan adaptasi iklim. Dengan demikian, pemanasan global bukan hanya isu ilmiah, tetapi juga tantangan multidimensi yang berdampak pada sektor lingkungan, sosial, dan ekonomi. Grafik perubahan suhu permukaan global relatif terhadap suhu rata-rata dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Grafik perubahan suhu permukaan global relatif terhadap suhu rata-rata 1951-1980

Sumber: climate.nasa.gov/NASA (2020)

Berikut ini merupakan beberapa fakta dan bukti yang menunjukkan terjadinya pemanasan global.

a. Peningkatan Suhu Permukaan Air Laut.

Berdasarkan laporan resmi yang dirilis oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), tercatat bahwa suhu rata-rata permukaan samudra secara global mengalami kenaikan sebesar 0,02 °C pada bulan Agustus 2019. Bahkan, suhu permukaan laut pada tahun tersebut mencapai rekor tertinggi sepanjang sejarah pengamatan modern. Jika dibandingkan dengan kondisi pada tiga hingga lima juta tahun yang lalu, suhu air laut saat ini meningkat sekitar dua hingga tiga derajat Celsius, yang menunjukkan adanya perubahan signifikan.

Kenaikan suhu perairan ini memiliki dampak langsung terhadap ekosistem laut, terutama terumbu karang. Peningkatan suhu menyebabkan fenomena pemutihan karang (*coral bleaching*), yaitu kondisi di mana karang kehilangan alga simbiotiknya (*zooxanthellae*), sehingga menghambat proses pertumbuhan karang dan menjadikannya rentan terhadap serangan penyakit. Dalam jangka panjang, hal ini dapat mengakibatkan kematian massal terumbu karang. Mengingat bahwa terumbu karang merupakan habitat penting bagi berbagai jenis biota laut, kerusakan ekosistem karang secara langsung mengancam kelangsungan hidup organisme laut lainnya yang bergantung pada ekosistem tersebut. Makhluk hidup yang bergantung pada suhu permukaan air laut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Makhluk Hidup yang Bergantung pada Suhu Permukaan Air Laut

Sumber: (a) [Republika.co.id/Aji Setyawan](http://Republika.co.id/Aji%20Setyawan) (b) [Antarctica.gov.au/Stephen Brookes](http://Antarctica.gov.au/Stephen%20Brookes) (c) [Worldwildlife.org/Antonio Busiello](http://Worldwildlife.org/Antonio%20Busiello)

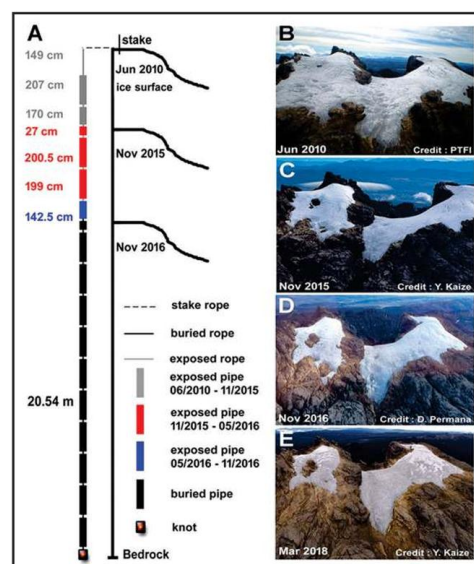
Ekosistem laut dikenal sebagai salah satu ekosistem paling sensitif terhadap perubahan suhu. Pemanasan global memengaruhi suhu hingga kedalaman sekitar 700 meter dari permukaan laut. Zona kedalaman ini merupakan wilayah dengan tingkat keanekaragaman hayati yang paling tinggi di lautan. Banyak organisme laut yang memiliki siklus hidup, proses metabolisme, dan mekanisme reproduksi yang sangat dipengaruhi oleh suhu perairan. Sebagai contoh, populasi krill akan mengalami penurunan reproduksi ketika suhu perairan meningkat. Demikian pula, pada spesies penyu, jenis kelamin tukik (anakan penyu) sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan: suhu yang lebih hangat cenderung menghasilkan tukik betina, sedangkan suhu yang lebih rendah cenderung menghasilkan tukik jantan. Ketidakseimbangan rasio jenis kelamin ini berpotensi mengganggu stabilitas populasi penyu dalam jangka panjang dan dapat memicu ancaman kepunahan.

Selain itu, peningkatan suhu perairan juga berpengaruh pada pola distribusi spesies dan penyebaran penyakit laut. Di beberapa wilayah, peningkatan suhu mendukung pertumbuhan populasi bakteri tertentu yang dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di perairan. Kekurangan oksigen tersebut memicu migrasi organisme laut ke wilayah lain yang lebih sesuai, atau dalam kasus ekstrem, menyebabkan kematian massal. Dengan demikian, bukti-bukti ini secara ilmiah menunjukkan bahwa pemanasan global memberikan dampak signifikan terhadap ekosistem laut, keanekaragaman hayati, serta keseimbangan ekosistem perairan secara keseluruhan.

b. Fenomena Mencairnya Salju Abadi di Pegunungan Jaya Wijaya, Papua

Fenomena mencairnya salju abadi di Pegunungan Jaya Wijaya, Papua, merupakan salah satu bukti nyata terjadinya pemanasan global. Indonesia, meskipun beriklim tropis, memiliki kawasan pegunungan es yang unik, yaitu di Pegunungan Jaya Wijaya. Salah satu puncaknya yang terkenal adalah Puncak Cartenz (Carstensch Pyramid), yang termasuk dalam jajaran tujuh puncak tertinggi di dunia (*World Seven Summits*) dan menjadi destinasi penting bagi para pendaki profesional.

Namun, keberadaan lapisan es atau salju abadi di kawasan pegunungan Jaya Wijaya kini mengalami penyusutan yang sangat signifikan. Data historis menunjukkan bahwa pada tahun 1850, luas gletser di Pegunungan Jaya Wijaya tercatat sekitar 19,3 km². Akan tetapi, hingga tahun 2018, luasan tersebut menyusut drastis menjadi hanya sekitar 0,5 km². Proses penyusutan ini tidak hanya mencerminkan hilangnya salah satu fenomena geologi unik di wilayah tropis, tetapi juga menjadi indikator penting meningkatnya suhu global. Hal ini sejalan dengan temuan ilmiah yang menyatakan bahwa gletser tropis sangat rentan terhadap perubahan suhu dan menjadi salah satu penanda paling sensitif dari fenomena perubahan iklim. Kondisi Gletser Es di Pegunungan Jaya Wijaya dari Juni 2010 hingga Maret 2018 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kondisi Gletser Es di Pegunungan Jaya Wijaya dari Juni 2010 hingga Maret 2018.

Sumber: Jurnal PNAS (2019)

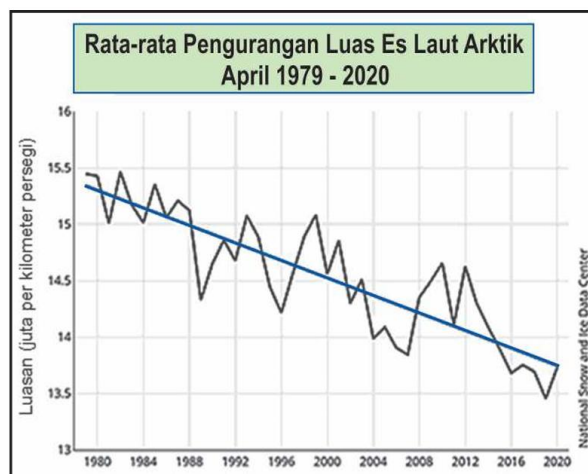
Dampak dari mencairnya gletser Pegunungan Jaya Wijaya tidak hanya bersifat visual atau geografis, tetapi juga memengaruhi siklus hidrologi di wilayah sekitarnya. Penyusutan gletser akan berimplikasi pada perubahan kuantitas dan kualitas air tawar, termasuk variasi debit aliran sungai, suhu air, serta ketersediaan sumber daya air bagi masyarakat dan ekosistem. Gangguan pada keseimbangan hidrologi ini berpotensi memicu perubahan ekosistem air tawar, menurunkan produktivitas biota perairan, dan berdampak pada keberlanjutan kehidupan masyarakat yang bergantung pada sumber daya air di wilayah tersebut.

Dengan demikian, mencairnya salju abadi di Puncak Jaya merupakan bukti empiris sekaligus peringatan serius mengenai dampak pemanasan global, yang menuntut langkah mitigasi dan adaptasi berbasis sains agar keseimbangan ekosistem dan sumber daya air dapat tetap terjaga.

c. Mencairnya Es di Kutub

Bumi memiliki hamparan daratan yang tertutup oleh lapisan es, yang sebagian besar terletak di wilayah kutub. Sekitar 90% dari total hamparan es daratan berada di Antartika, sedangkan sisanya, sekitar 10%, berada di lapisan es Greenland. Kedua lapisan es ini berfungsi sebagai pelindung alami bagi Bumi dan lautan, memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan energi global.

Apabila diamati dari luar angkasa, es yang menutupi Antartika dan Greenland tampak sebagai hamparan luas berwarna putih cerah. Warna putih tersebut memiliki kemampuan reflektif yang tinggi terhadap radiasi matahari, sehingga mampu memantulkan kembali sebagian besar panas ke luar angkasa. Proses ini berperan dalam menjaga kestabilan suhu rata-rata Bumi dan membuat wilayah kutub tetap lebih dingin dibandingkan dengan wilayah lainnya. Akan tetapi, ketika es di kutub mencair secara signifikan, kemampuan refleksi panas tersebut menurun, sehingga memperburuk peningkatan suhu global akibat berkurangnya efek albedo (kemampuan permukaan memantulkan radiasi matahari). Grafik pengurangan luas es laut arktik dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Grafik luas es laut Arktik

Sumber: Geology.com/National Snow and Ice Data Center (2020)

Data pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata luas lapisan es kutub mengalami penurunan sebesar 3,2% per dekade dalam periode Januari 1979 hingga 2014. Secara kumulatif, Bumi diperkirakan telah kehilangan sekitar 28 triliun ton es antara tahun 1994 hingga 2017. Jejak penyusutan gletser ini memberikan gambaran yang jelas tentang tren peningkatan suhu Bumi dari waktu ke waktu dan mengonfirmasi bahwa pemanasan global berdampak langsung pada ekosistem kutub. Beruang es yang merupakan salah satu makhluk hidup yang terdampak pemanasan global dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Beruang es

Sumber: Richard Bannet (2020)

Perubahan kondisi lapisan es kutub membawa implikasi ekologis yang serius bagi organisme yang hidup di kawasan tersebut. Meskipun sebagian makhluk hidup memiliki kemampuan beradaptasi terhadap perubahan habitatnya, tidak semua spesies mampu bertahan. Salah satu contoh spesies yang terdampak secara signifikan adalah beruang kutub (*Ursus maritimus*). Berkurangnya es laut memaksa

beruang kutub untuk mencari makanan di daratan, sehingga mengurangi wilayah berburu alaminya. Penyempitan habitat berburu ini berdampak pada menurunnya peluang kelangsungan hidup dan menyebabkan penurunan populasi beruang kutub secara signifikan. Jika tren ini terus berlanjut, spesies ini menghadapi ancaman kepunahan dalam jangka panjang, yang akan memicu ketidakseimbangan ekosistem di wilayah kutub.

Dengan demikian, pencairan lapisan es di Antartika dan Greenland tidak hanya menjadi indikator visual perubahan iklim, tetapi juga membawa konsekuensi ekologis, klimatologis, dan bahkan sosial-ekonomi yang luas. Hal ini mempertegas urgensi upaya mitigasi dan adaptasi untuk memperlambat laju pemanasan global serta melindungi keanekaragaman hayati di kawasan kutub.

d. Kenaikan Permukaan Air Laut

Salah satu konsekuensi signifikan dari mencairnya lapisan es di wilayah kutub adalah kenaikan permukaan air laut. Hal ini terjadi karena air hasil pencairan es pada akhirnya bermuara ke lautan, sehingga menambah volume air laut dan menyebabkan peningkatan ketinggian permukaannya. Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh National Aeronautics and Space Administration (NASA), permukaan air laut global telah mengalami kenaikan kumulatif sekitar 97 mm, dengan laju kenaikan rata-rata sekitar 3,3 mm per tahun.

Fenomena ini memiliki implikasi yang sangat penting, khususnya bagi negara kepulauan seperti Indonesia, di mana sebagian besar penduduk tinggal di wilayah pesisir. Peningkatan tinggi muka air laut akan meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana banjir rob serta memperparah dampak pasang laut, sehingga menimbulkan kerentanan sosial-ekonomi bagi masyarakat pesisir. Selain mengancam permukiman, infrastruktur, dan lahan produktif, fenomena ini juga dapat menyebabkan intrusi air laut ke sumber air tawar, mengganggu ketahanan pangan, serta meningkatkan risiko migrasi penduduk akibat hilangnya wilayah hunian.

e. Cuaca Ekstrem

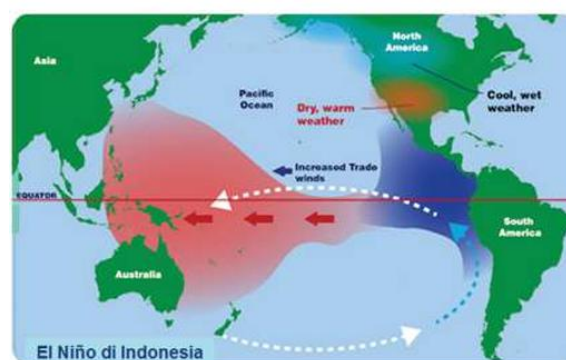
Pada akhir bulan Oktober 2020, wilayah Indonesia mengalami intensitas curah hujan yang sangat tinggi. Berdasarkan prediksi Badan Meteorologi,

Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), kondisi tersebut disebabkan oleh meningkatnya akumulasi curah hujan akibat fenomena La Niña, yang diperkirakan dapat meningkatkan curah hujan di Indonesia sebesar 20% hingga 40% dibandingkan rata-rata normal.

Fenomena La Niña merupakan salah satu fase dari El Niño Southern Oscillation (ENSO), yaitu fenomena iklim global yang ditandai dengan perubahan pola sirkulasi atmosfer akibat fluktuasi suhu permukaan laut di Samudra Pasifik tropis. ENSO memiliki tiga fase utama, yaitu El Niño, La Niña, dan kondisi Netral.

a. El Niño

El Niño adalah fenomena meningkatnya suhu permukaan laut di Samudra Pasifik tropis bagian tengah dan timur di atas rata-rata normal. Peningkatan suhu tersebut menyebabkan pola curah hujan berubah secara global. Dampaknya bagi wilayah Indonesia adalah penurunan signifikan pada curah hujan sehingga beberapa daerah mengalami kekeringan yang lebih panjang. Sebaliknya, di wilayah Samudra Pasifik tengah dan timur, curah hujan cenderung meningkat. Selain itu, angin pasat (angin timur) yang biasanya bertiup dari timur ke barat di sepanjang ekuator melemah atau bahkan berbalik arah menjadi angin barat, sehingga memengaruhi distribusi uap air dan memicu perubahan iklim regional. Peristiwa El Niño di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.6.



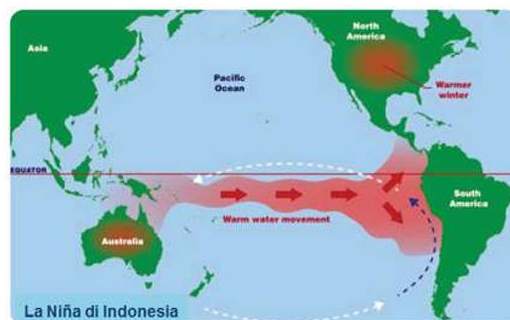
Gambar 2. 6 Peristiwa El Niño di Indonesia

Sumber: spaceplace.nasa.gov/NASA (2019)

b. La Niña

La Niña merupakan fenomena yang berlawanan dengan El Niño, yaitu penurunan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik tropis bagian tengah dan timur

di bawah rata-rata normal. Kondisi ini menyebabkan curah hujan di Indonesia cenderung meningkat secara signifikan, sehingga berpotensi menimbulkan banjir dan tanah longsor di berbagai daerah. Sebaliknya, wilayah Pasifik bagian tengah dan timur cenderung mengalami penurunan curah hujan. Angin pasat yang bertiup dari timur ke barat menguat, sehingga memperbesar upwelling (naiknya air laut dari lapisan bawah ke permukaan) dan memperkuat pendinginan perairan di wilayah tersebut. Peristiwa La Niña di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.7.

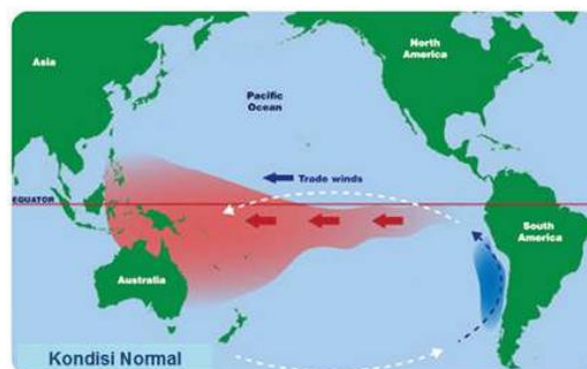


Gambar 2. 7 Peristiwa La Niña di Indonesia

Sumber: Concernusa.org/NASA (2019)

c. Netral

Fase netral terjadi ketika suhu permukaan laut di Samudra Pasifik tropis berada pada kisaran rata-rata normal, sehingga tidak menunjukkan pola El Niño maupun La Niña. Dalam kondisi ini, iklim cenderung lebih stabil dan mengikuti pola musiman yang wajar. Kondisi netral dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Kondisi netral

Sumber: Spaceplace.nasa.gov/NASA (2019)

Ketiga fase ENSO tersebut memiliki dampak signifikan terhadap makhluk hidup dan lingkungan. Misalnya, pada fase El Niño yang menyebabkan musim

kemarau berkepanjangan, kelembapan tanah menurun secara drastis sehingga meningkatkan risiko kebakaran hutan dan lahan. Kekeringan juga berdampak pada menurunnya populasi tumbuhan, yang dalam jangka panjang dapat mengancam kelestarian keanekaragaman hayati dan bahkan mengarah pada kepunahan spesies tertentu.

Secara keseluruhan, ENSO merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi fenomena cuaca ekstrem di Indonesia, seperti banjir, kekeringan, dan kebakaran hutan. Perubahan suhu permukaan laut yang menjadi pemicu ENSO memiliki keterkaitan erat dengan perubahan iklim global dan pemanasan suhu rata-rata Bumi, sehingga pemantauan dan prediksi fenomena ini sangat penting untuk mitigasi bencana dan perencanaan adaptasi. (Puspaningsih, et al., 2021)

2.2. Hasil Penelitian yang Relevan

Dalam penelitian Amin dkk (2023) menyimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran WE-ARe (*Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume*) memberikan dampak positif terhadap peningkatan literasi digital calon guru. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam memperkaya pemahaman mengenai efektivitas penggunaan model pembelajaran inovatif dalam konteks pendidikan tinggi. Lebih lanjut, penelitian ini menggarisbawahi bahwa integrasi model WE-ARe tidak hanya relevan dalam meningkatkan keterampilan literasi digital, tetapi juga berpotensi mengembangkan kompetensi abad ke-21, seperti kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai landasan bagi pendidik dan pengambil kebijakan untuk mempertimbangkan penerapan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik guna menjawab tantangan pembelajaran di era digital dan mendukung implementasi kurikulum yang adaptif.

Dalam penelitian Adiansyah dkk (2023) menyimpulkan bahwa hasil penelitian mengindikasikan adanya pengaruh signifikan penerapan model pembelajaran WE-ARe (*Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume*) terhadap keterampilan komunikasi peserta didik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa implementasi model WE-ARe berkontribusi secara positif terhadap peningkatan keterampilan komunikasi peserta didik kelas XI MAN 2

Watampone, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Temuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kompetensi peserta didik melalui penerapan model pembelajaran yang relevan dengan tuntutan pembelajaran di era digital serta sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tjereni (2023) menyimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, Resume* (WE-ARe) yang diintegrasikan dengan metode diskusi memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas XI SMAN 2 Halmahera Barat. Temuan ini menunjukkan bahwa model WE-ARe efektif dalam mendorong peserta didik untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran, mengeksplorasi permasalahan secara mendalam, mengembangkan argumentasi ilmiah, serta merangkum pengetahuan yang diperoleh secara sistematis. Hasil penelitian juga mengungkapkan bahwa tingkat keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah penerapan model pembelajaran ini bervariasi, dengan 26,67% peserta didik berada pada kategori sangat tinggi, 26,67% berada pada kategori tinggi, dan 13,33% berada pada kategori sedang.

Dalam penelitian Arifah (2025) menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada peningkatan kemampuan literasi sains peserta didik setelah diimplementasikan model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe). Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa penerapan model WE-ARe efektif dalam mendorong peserta didik untuk mengembangkan keterampilan literasi sains, baik dari segi pemahaman konsep, kemampuan menganalisis informasi ilmiah, maupun keterampilan dalam mengkomunikasikan hasil pemikiran secara logis.

Berdasarkan hasil penelitian yang relevan, peneliti menganalisis bahwa model pembelajaran WE-ARe memiliki potensi yang kuat dalam meningkatkan berbagai kompetensi abad ke-21. Hal tersebut menunjukkan bahwa sintaks dalam model WE-ARe mampu menciptakan proses pembelajaran yang aktif, kolaboratif, dan berpusat pada peserta didik melalui kegiatan eksplorasi, diskusi, argumentasi, serta penyusunan simpulan.

Peneliti juga melihat bahwa penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada peningkatan literasi digital, keterampilan komunikasi, berpikir kritis, dan literasi sains, sedangkan penelitian mengenai pengaruh model WE-ARE terhadap keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik pada materi pemanasan global masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) dengan menempatkan keterampilan argumentasi ilmiah sebagai variabel terikat yang diukur melalui indikator *claim*, *data*, *warrant*, dan *backing* berdasarkan pola argumentasi Toulmin. Selain itu, penggunaan soal uraian sebagai instrumen evaluasi dinilai mampu memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai kualitas argumentasi ilmiah peserta didik dibandingkan hanya menggunakan tes objektif. Dengan demikian, peneliti berpendapat bahwa penerapan model WE-ARE berpotensi memberikan pengaruh positif terhadap keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik karena setiap sintaks pembelajaran secara langsung melatih peserta didik untuk berpikir kritis, menyusun argumen secara logis, serta mempertahankan pendapat berdasarkan bukti ilmiah yang relevan.

2.3. Kerangka Konseptual

Dalam konteks pembelajaran sains, kemampuan berargumentasi ilmiah merupakan salah satu kompetensi esensial yang berperan penting dalam membantu peserta didik memahami konsep-konsep ilmiah secara mendalam, mengaitkan teori dengan fenomena nyata, serta membentuk pola pikir kritis dalam menghadapi permasalahan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam strategi dan model pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik untuk aktif berpartisipasi, berpikir kritis, serta menyampaikan argumen yang didukung oleh bukti empiris.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan, di SMA Negeri 3 Tasikmalaya telah diterapkan Kurikulum Merdeka, namun belum sepenuhnya pembelajaran berpusat pada peserta didik. Proses pembelajaran fisika di sekolah tersebut sudah menunjukkan interaksi yang aktif dan responsif antara guru dan peserta didik. Namun demikian, guru masih cenderung menggunakan metode konvensional sehingga kesempatan peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk argumentasi ilmiah, masih terbatas. Secara keseluruhan,

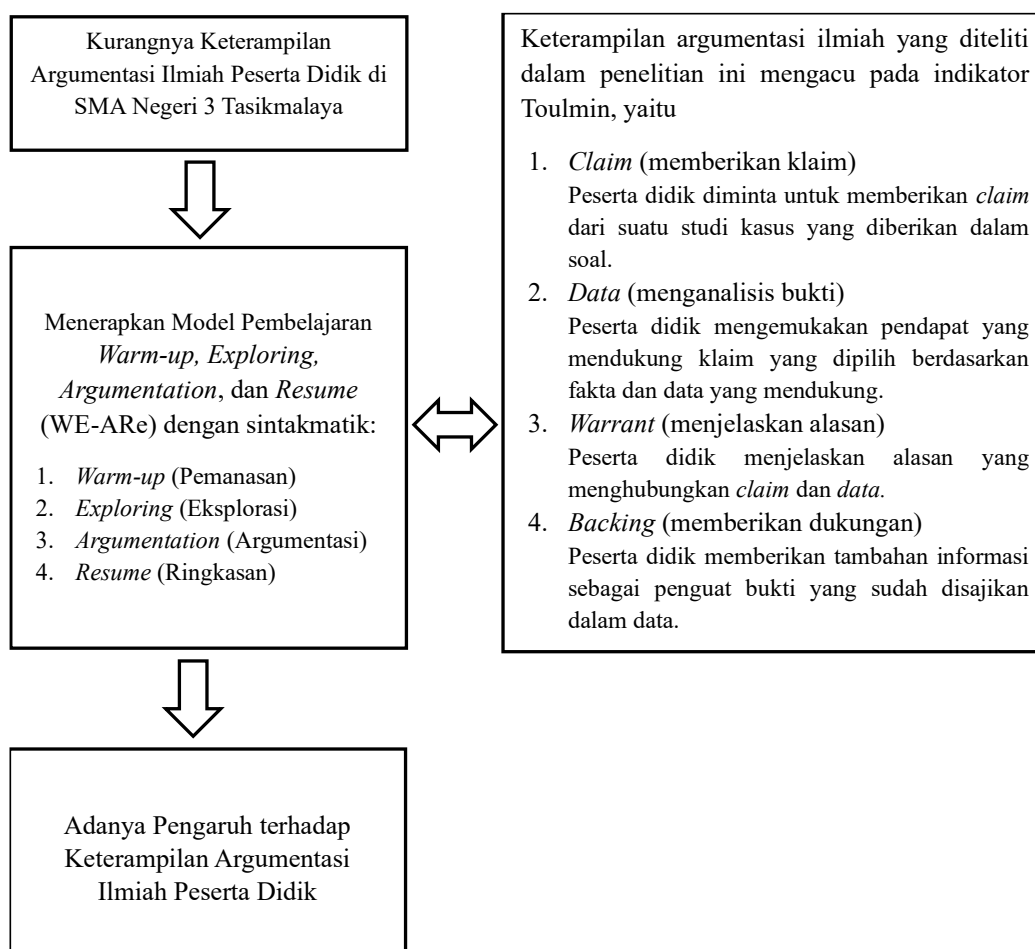
tingkat argumentasi ilmiah peserta didik kelas X masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena proses pembelajaran belum memberikan kesempatan yang cukup bagi peserta didik untuk mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah. Guru juga belum secara khusus menilai atau memfasilitasi kemampuan tersebut dalam kegiatan pembelajaran.

Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik secara keseluruhan berada pada kategori rendah. Kondisi ini menandakan bahwa peserta didik belum mampu mengemukakan argumen ilmiah secara utuh dan terstruktur berdasarkan bukti dan alasan yang mendukung. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang dapat mendorong peserta didik untuk aktif berdiskusi, menyampaikan ide, serta mengembangkan argumen berdasarkan data dan fakta. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe).

Model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe) mendorong peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan eksplorasi, penyusunan argumen, serta penarikan kesimpulan berdasarkan data dan konsep yang dipelajari. Model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe) diyakini mampu meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik, karena berdasarkan tahapannya, model ini secara sistematis mengarahkan peserta didik untuk membangun argumen berdasarkan data, menyusun penjelasan ilmiah, serta mengkomunikasikan hasil temuannya kepada rekan-rekan sekelas. Materi yang dipilih dalam penelitian ini adalah materi pemanasan global yang terdapat pada semester genap kelas X. Pemilihan materi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa topik pemanasan global merupakan isu ilmiah yang sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari serta menuntut peserta didik untuk mampu menyampaikan argumen berdasarkan data dan bukti ilmiah. Selain itu, materi pemanasan global juga memuat konsep-konsep fisika yang dapat dimanfaatkan untuk melatih keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis menduga ada pengaruh model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe)

terhadap kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik. Untuk memahami hubungan antara model pembelajaran yang diterapkan dan keterampilan argumentasi ilmiah yang diharapkan berkembang, diperlukan suatu kerangka konseptual. Kerangka konseptual merupakan gambaran sistematis mengenai hubungan antarvariabel yang menjadi dasar dalam penelitian. Kerangka konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Kerangka Konseptual

2.4. Hipotesis Penelitian

Terdapat dua hipotesis dalam penelitian berdasarkan pertanyaan dalam rumusan masalah, yaitu:

H_0 : Tidak ada pengaruh model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation, dan Resume* (WE-ARe) pada keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik pada materi Pemanasan Global.

H_a : Ada pengaruh model pembelajaran *Warm-up, Exploring, Argumentation*, dan *Resume* (WE-ARe) pada keterampilan argumentasi ilmiah peserta didik pada materi Pemanasan Global.