

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Kompetensi Sains

a. Pengertian Kompetensi Sains

Kompetensi sains merupakan kemampuan peserta didik dalam menerapkan pengetahuan ilmiah, menggunakan proses ilmiah, dan berpikir berdasarkan bukti untuk memahami serta memecahkan permasalahan yang terjadi di kehidupan nyata. Kompetensi sains tidak hanya mencakup pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan untuk menjelaskan fenomena, melakukan penyelidikan, dan menggunakan informasi ilmiah dalam pengambilan keputusan (OECD, 2023b). Menurut Afidah & Sudibyo (2025) kompetensi sains mencerminkan integrasi antara tiga aspek utama, yaitu pengetahuan, keterampilan ilmiah, dan sikap ilmiah. Kompetensi sains diperlukan agar peserta didik mampu berpikir kritis, memecahkan masalah berbasis bukti, serta pengambilan keputusan yang bertanggung jawab terhadap isu-isu sains dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, kompetensi sains menjadi salah satu tolak ukur penting untuk menilai sejauh mana pembelajaran sains di sekolah mampu membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir ilmiah. Kompetensi sains tentunya dapat mengembangkan kemampuan dalam memahami konsep ilmiah serta menerapkannya untuk memecahkan masalah dunia nyata (Afidah & Sudibyo, 2025).

Berdasarkan kutipan diatas, dapat disimpulkan bahwa kompetensi sains dapat membentuk peserta didik yang paham akan sains dan mampu peka terhadap bidang sains sebagai modal utama dalam menggunakan aspek dari literasi sains dan mampu memecahkan masalah yang akan dihadapi peserta didik di masa yang akan datang. Sehingga sains perlu dimiliki peserta didik agar mampu mengidentifikasi masalah serta menarik suatu kesimpulan dalam menentukan keputusan dari pengetahuan yang dimilikinya. Sehingga dapat berkontribusi dalam kehidupan masyarakat.

Dari beberapa pengertian di atas penelitian membuat kesimpulan, kompetensi sains adalah pengetahuan ilmiah individu mengenai fenomena-fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan mampu mengaplikasikan pengetahuan tersebut sebagai alternatif dalam memecahkan masalah dengan

mengidentifikasi penyebab dan mencari jawaban melalui fakta-fakta ilmiah.

b. Indikator Kompetensi Sains

Kerangka dasar pengukuran kompetensi sains pada penelitian ini mengacu pada kerangka PISA 2025 yang dikembangkan oleh OECD (2023b), yang pada dasarnya terdiri atas tiga indikator utama yaitu:

1. Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
2. Menyusun dan mengevaluasi desain-desain penyelidikan ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti secara kritis, dan
3. Meneliti, mengevaluasi, serta menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan.

Namun, peneliti menggunakan pengembangan indikator yang dikemukakan oleh Afidah & Sudibyo (2025) yang mengadaptasi dan memperluas kerangka PISA menjadi empat indikator, yaitu:

1. Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
2. Menyusun dan mengevaluasi desain-desain penyelidikan ilmiah.
3. Menginterpretasikan data dan bukti secara kritis, dan
4. Meneliti, mengevaluasi, serta menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini indikator yang digunakan mengacu pada pengembangan versi Afidah & Sudibyo (2025). Penggunaan empat indikator ini dipilih karena dinilai lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran biologi di SMA dan memudahkan dalam penyusunan butir soal sesuai dengan konteks materi pemanasan global.

2.1.2 Project Based learning (PjBL)

a. Pengertian Model *Project Based learning* (PjBL)

Menurut Melinda (2020) *Project Based Learning* merupakan suatu model pembelajaran yang inovatif, menekankan pada pembelajaran kontekstual melalui kegiatan-kegiatan yang kompleks. *Project Based learning* adalah model pembelajaran yang menggunakan masalah nyata sebagai konteks bagi peserta didik untuk belajar, sekaligus meningkatkan kompetensi sains. Dalam model ini, kegiatan pembelajaran dirancang untuk menyelesaikan permasalahan dengan menciptakan suatu ide atau produk yang memanfaatkan lingkungan sekitar. Sehingga peserta

didik aktif dalam proses pembelajarannya. Nuraini dan Waluyo (2021) juga mengemukakan bahwa *Project Based learning* merupakan model pembelajaran yang melibatkan peserta didik dalam mengerjakan proyek yang berpusat pada peserta didik dan memberi kesempatan peserta didik untuk melakukan penyelidikan secara mendalam.

Definisi secara lebih komprehensif tentang model ini dikemukakan oleh *The George Lucas Educational Foundation* (2005) yang menyatakan bahwa model ini menuntut pendidikan mengembangkan pertanyaan penuntun setelah itu memberikan kesempatan peserta didik untuk menggali informasi dengan berbagai cara secara kolaboratif, sehingga diharapkan peserta didik mampu melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, dan mensintesis informasi dengan cara bermakna, sehingga mampu menjawab pertanyaan penuntun.

Berdasarkan pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa model *Project Based learning* merupakan tugas-tugas kelompok yang berfokus pada pertanyaan atau masalah yang menantang yang melibatkan peserta didik dalam merancang proyek, memecahkan masalah, dan pengambilan keputusan. Kegiatan ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bekerja secara mandiri maupun kelompok dalam waktu tertentu dan pada akhirnya menghasilkan produk yang nyata. *Project Based learning* merupakan pelaksanaan pembelajaran yang memiliki tahapan penentuan pertanyaan mendasar, mendesain perencanaan, menyusun jadwal, memonitor peserta didik dan kemajuan proyek, menguji hasil, serta mengevaluasi pengalaman. Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada guru untuk mengelola pembelajaran di kelas dengan melibatkan kerja proyek. Melalui pembelajaran kerja proyek, kompetensi sains peserta didik akan meningkat.

Model pembelajaran berbasis proyek (*Project Based learning*) adalah model pembelajaran yang secara langsung melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran melalui kegiatan penelitian untuk mengerjakan dan menyelesaikan suatu proyek pembelajaran tertentu. Walaupun model pembelajaran berbasis proyek dapat dikatakan sebagai model lama, model ini masih banyak digunakan dan terus dikembangkan karena dinilai memiliki keunggulan tertentu dibandingkan dengan model pembelajaran yang lain. Menurut Nuraini dan Waluyo (2021) yang

mengemukakan bahwa PjBL mampu meningkatkan kemampuan kompetensi sains peserta didik, karna pembelajaran proyek mendorong peserta didik untuk lebih aktif dan terampil dalam kegiatan pembelajaran serta memahami pengetahuan yang dimiliki melalui desain proyek dan implementasinya.

Hasil penelitian yang mendukung dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran *Project Based Learning* dapat mempengaruhi kompetensi sains peserta didik pada materi pembelajaran IPA, juga memberikan keleluasaan pada peserta didik untuk kreatif dalam menyelesaikan proyek (Melindayani, 2022). Sehingga Melalui pembelajaran berbasis proyek, kompetensi sains peserta didik akan meningkat.

b. Tahapan Pelaksanaan model *Project Based learning* (PjBL)

Model PjBL merupakan salah satu model pembelajaran yang proses penerapannya tersusun berdasarkan langkah-langkah yang telah ditetapkan. Dalam penerapan model PjBL yang baik dan benar yaitu dengan menerapkan langkah-langkah model PjBL secara sistematis.

Langkah-langkah model pembelajaran *Project Based learning* (PjBL) menurut Halimah dan Marwati (2022) adalah sebagai berikut:

- 1) Pertanyaan mendasar, dalam proses pembelajaran guru membagi beberapa kelompok, memberi penugasan dan memberikan pertanyaan mendasar. Topik yang diangkat sesuai dengan realita kehidupan dimulai dengan investigasi yang mendalam.
- 2) Mendesain perencanaan produk atau proyek, dalam proses pembelajaran guru meminta peserta didik untuk berdiskusi dengan kelompoknya dan menentukan permasalahan, mencari solusi dan membuat rancangan produk atau proyek yang akan dibuat oleh peserta didik.
- 3) Menyusun jadwal kegiatan, guru dan peserta didik secara bersama menyusun jadwal kegiatan dalam menyelesaikan proyek karena waktu penyelesaiannya pun harus jelas, sehingga peserta didik diberi arahan untuk menggunakan waktu dengan baik. Tetapi, jika proyek membutuhkan durasi yang lama maka peserta didik dapat menyelesaikan proyek atau produknya diluar jam sekolah. Kemudian, jam pelajaran yang dilakukan di sekolah, peserta didik mempresentasikan hasil proyek di kelas.

- 4) Memonitoring perkembangan proyek, guru mengawasi peserta didik selama menyelesaikan proyek dengan cara memfasilitasi peserta didik dalam setiap proses. Guru ditempatkan sebagai mentor untuk mengajarkan kepada peserta didik bagaimana bekerja secara berkelompok. Peserta didik dapat memilih perannya sendiri dalam kelompok tetapi tidak mengesampingkan kepentingan kelompok.
 - 5) Menguji hasil, guru menugaskan peserta didik dan menjelaskan langkah untuk penugasan laporan proyek, hal ini dilakukan untuk membantu guru dalam mengukur ketercapaian standar, memberikan umpan balik mengenai tingkat pemahaman yang sudah dicapai oleh peserta didik, juga membantu guru untuk memunculkan ide strategi pembelajaran selanjutnya. Penilaian ini dilakukan ketika semua kelompok mempresentasikan hasil proyeknya.
 - 6) Evaluasi pengalaman belajar dan penarikan kesimpulan, langkah terakhir adalah melakukan evaluasi yaitu guru dan peserta didik memberikan refleksi terhadap kegiatan dan hasil proyek yang sudah diterapkan. Pada tahap refleksi ini diminta peserta didik untuk mengungkapkan perasaan dan pengalaman selama menyelesaikan proyek.
- c. Kelebihan dan Kelemahan model *Project Based learning* (PjBL)

Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan dari *Project Based learning* (PjBL) dilansir dari buku pembelajaran berbasis proyek (2022) oleh Sunismi dan kawan-kawan dalam (Damayanti, 2023), yaitu:

Kelebihan dari *Project Based learning* (PjBL) sebagai berikut:

1. Memotivasi peserta didik dengan melibatkannya di dalam pembelajaran
2. Menyediakan kesempatan pembelajaran berbagai disiplin ilmu
3. Membantu keterkaitan hidup di luar sekolah
4. Menyediakan peluang unik karena pendidik membangun hubungan dengan peserta didik sebagai fasilitator
5. Menyediakan kesempatan untuk membangun hubungan dengan komunitas yang besar
6. Membuat peserta didik lebih aktif dan berhasil memecahkan problem-problem yang ada

Kekurangan dari *Project Based learning* (PjBL), yaitu:

1. Memerlukan banyak waktu untuk menyelesaikan masalah
2. Membutuhkan biaya yang cukup banyak
3. Banyak pendidikan yang merasa nyaman dengan kelas tradisional, di mana pendidik memegang peran utama di kelas
4. Banyaknya peralatan yang harus di beli
5. Peserta didik yang memiliki kelemahan dalam percobaan dan pengumpulan informasi akan mengalami kesulitan
6. Ada kemungkinan peserta didik ada yang kurang aktif dalam kerja kelompok, sehingga dikhawatirkan peserta didik tidak bisa memahami topik secara keseluruhan.

2.1.3 Deskripsi Materi Pemanasan Global

a. Pengertian Pemanasan Global

Pemanasan global merupakan peningkatan suhu di atmosfer, laut dan daratan bumi. Adanya pemanasan global (*global warming*) disebabkan karena peningkatan gas rumah kaca yaitu CO₂ yang dihasilkan, dan berasal dari bahan bakar fosil serta penggundulan hutan (Pratiwi & Fitri, 2021); (Abdul Maulud *et al.*, 2021); (Zhu, Shi, *et al.*, 2021). Jika hal ini terus terjadi, maka akan banyak sekali kerugian yang akan di alami.

b. Fakta-fakta perubahan lingkungan

1. Peningkatan Suhu Permukaan Air Laut

Menurut temuan analisis BBC suhu lautan di dunia telah menjadi rekor panas harian selama setahun terakhir. Penyebab utamanya adalah pemanasan global yang mengeluarkan gas-gas serta cuaca alami pemanasan laut yang disebabkan peristiwa El Nino.

Sejak maret 2023, suhu permukaan lautan global semakin meningkat tinggi melebihi suhu rata-rata jangka panjang dan mencapai rekor tertinggi baru di bulan Agustus. Suhu permukaan laut terus naik hingga mencapai angka tertinggi rata-rata harian global sebesar 21,09 °C pada bulan februari dan maret tahun 2024, menurut data Copernicus. Seperti yang ditunjukkan grafik sejak 4 Mei 2023 memecahkan rekor suhu harian sepanjang tahun, bahkan hari demi hari marginnya terus meningkat sangat besar. Berikut grafik rata-rata suhu permukaan air laut global tahun 1979-2024.

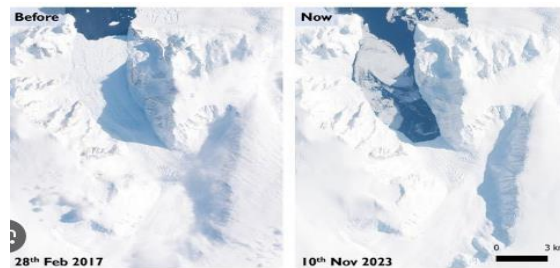


Gambar 2. 1 Grafik Peningkatan Rata-rata Suhu Lautan Global Tahun 1979-2024
 (Sumber: BBC.com, 2024)

Peningkatan suhu berpengaruh pada penyebaran spesies dan penyakit. Pada wilayah tertentu bakteri akan meningkat sehingga menyebabkan berkurangnya kadar oksigen pada wilayah tersebut. Hal ini menyebabkan organisme lain bermigrasi dan berujung pada kematian.

2. Mencairnya Es di Kutub

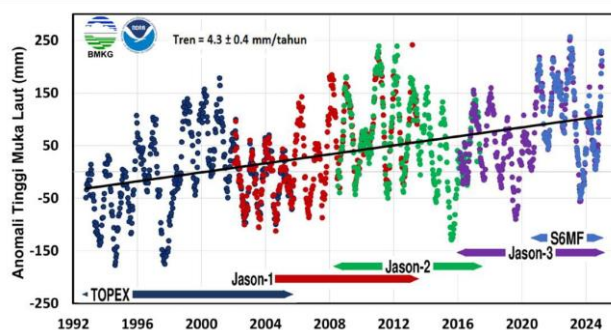
Mencairnya lapisan es di kutub utara dan selatan akan berdampak besar pada berbagai negara dan bencana di seluruh dunia. Misalnya sirkulasi laut, genangan pesisir, dan ketahanan pangan, dapat memperburuk perubahan iklim yang terjadi pada manusia dan alam. Menurut para ilmuwan pemanasan global terjadi lebih besar di daerah kutub, serta berdasarkan riset bahwa di sekitar sumber mata air danau yang hilang memperlihatkan kemungkinan terjadinya peristiwa mencairnya es di dasar bumi. Hal ini diakibatkan karena proses peningkatan suhu bumi dari waktu ke waktu. Berikut merupakan gambar mencairnya es di kutub tahun 2017-2023



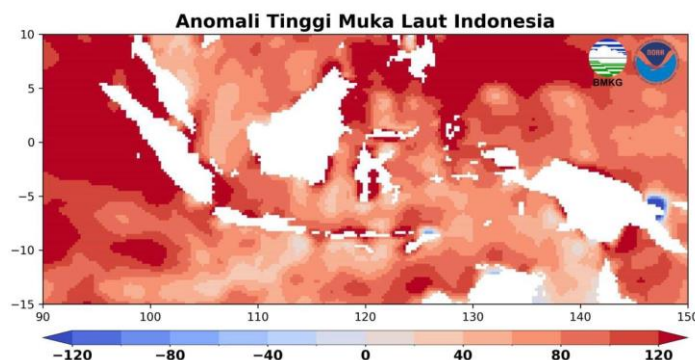
Gambar 2. 2 Mencairnya Es di Kutub Tahun 2017-2023
(Sumber: Kompas.com, 2023)

3. Peningkatan Permukaan Air Laut

Menurut analisis NASA, permukaan laut global mengalami lonjakan kenaikan yang signifikan dari tahun 2022 ke 2023. Kenaikan permukaan laut disebabkan peralihan antara kondisi La Nina dan El Nino. Pada tahun 2021 hingga 2022 La Nina ringan mengakibatkan kenaikan permukaan laut lebih rendah dari perkiraan pada tahun tersebut. Pada tahun 2023 sebagian besar disebabkan pemanasan iklim dan El Nino yang kuat membantu meningkatkan rata-rata kenaikan permukaan laut global, rata-rata permukaan laut global naik sekitar 0,3 inchi (0,76 sentimeter) dari tahun 2022 hingga tahun 2023 dan merupakan rekor tertinggi. Hingga akhir tahun 2024 menunjukkan laju kenaikan sebesar $4,3 \pm 0,4$ mm per tahun. Berikut grafik kenaikan permukaan air laut tahun 1992-2024.



Gambar 2. 3 Grafik Kenaikan Permukaan Air Laut wilayah
Indonesia Tahun 1992-2024
(Sumber: NASA Sea Level Evaluation and Assessment Tools,
2024)



Gambar 2. 4 Kenaikan Permukaan Air Laut Indonesia pada tahun 2024

(Sumber: NOAA <https://coastwatch.noaa.gov>, 2024)

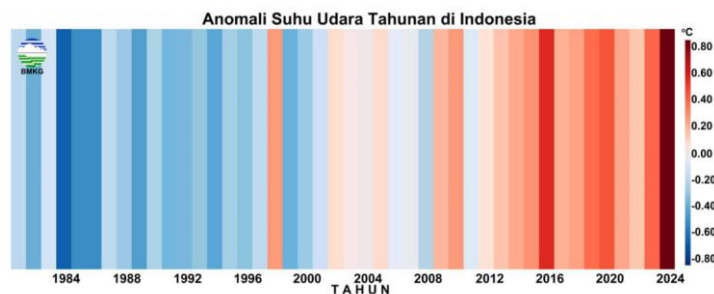
Berdasarkan peta data tinggi permukaan laut di Indonesia, terlihat bahwa suhu tertinggi (ditandai dengan warna merah gelap >100 mm) terjadi di beberapa wilayah seperti pantai barat Sumatera, Laut Jawa, Selat Karimata, serta perairan selatan Kalimantan dan Sulawesi. Peningkatan suhu tinggi permukaan laut ini kemungkinan karena pemanasan permukaan laut akibat perubahan iklim seperti El Nino. Sementara itu, suhu terendah (berwarna biru kurang dari -80 mm) teridentifikasi di wilayah timur Papua, serta beberapa bagian kecil di Nusa Tenggara selatan, yang mungkin disebabkan oleh pendinginan laut, upwelling, atau dinamika angin dan arus laut regional. Perbedaan suhu ini mencerminkan dinamika kompleks sistem permukaan laut di Indonesia, yang dipengaruhi oleh faktor iklim global maupun proses lokal di setiap wilayah perairan.

4. Meningkatkan Suhu Panas

Peningkatan suhu panas di Indonesia pada tahun 2024 dipengaruhi oleh kombinasi antara pemanasan global akibat gas rumah kaca serta fenomena iklim seperti El Nino. Meskipun El Nino melemah pada awal tahun 2024, panas yang tersimpan di Samudera Pasifik tropis dilepaskan ke atmosfer, sehingga suhu global tetap tinggi. Peningkatan suhu lautan di Samudra Pasifik tropis karena respon atmosfer yang tertunda, sehingga turut memperpanjang peningkatan suhu selama beberapa bulan setelah El Nino mencapai puncaknya pada

Desember 2023. Faktor lainnya seperti pemanasan lautan sekitar Indonesia, urbanisasi, dan perubahan tutupan lahan juga dapat memperkuat efek pemanasan lokal.

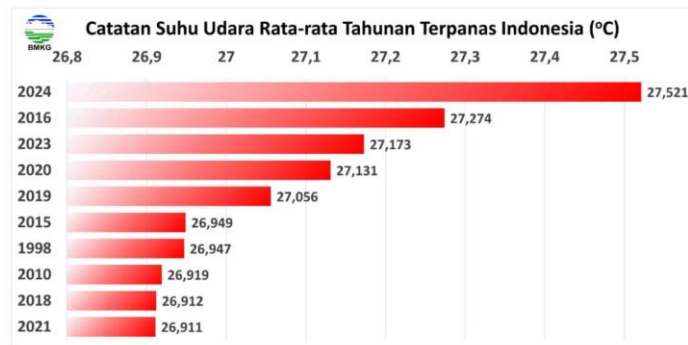
Berdasarkan data pengamatan stasiun BMKG suhu udara rata-rata di Indonesia tahun 2024 sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$ dibandingkan suhu rata-rata normal 1991-2020. Peningkatan ini menunjukkan laju kenaikan suhu rata-rata sebesar $0,02^{\circ}\text{C}$ per tahun. Suhu tertinggi tercatat di Kotabaru, Kalimantan Selatan, dan Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur, dengan peningkatan suhu masing-masing mencapai $1,5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2. 5 Suhu rata-rata udara tahunan di Indonesia tahun 1981-2024

(Sumber: Stasiun BMKG, 2024)

Berdasarkan suhu udara rata-rata tahunan tertinggi, di Indonesia sepuluh tahun terakhir, khususnya tahun 2024 tercatat menjadi tahun terpanas dengan suhu udara rata-rata tahunan mencapai $27,521^{\circ}\text{C}$ melampaui tahun sebelumnya seperti tahun 2016 ($27,274^{\circ}\text{C}$) dan pada tahun 2023 ($27,173^{\circ}\text{C}$). Dengan adanya fakta di tahun-tahun terbaru secara dominan mencatat suhu tertinggi, fenomena peningkatan suhu ini terus berlanjut dalam beberapa dekade terakhir, sehingga fenomena ini mencerminkan dampak pemanasan global dan perubahan iklim yang semakin nyata di Indonesia.



Gambar 2. 6 Catatan suhu udara rata-rata tahunan terpanas Indonesia pada tahun 2024
(Sumber: Stasiun BMKG, 2024)

Suhu panas rata-rata di Indonesia terus berlanjut secara konsisten, hingga menjadi rekor tertinggi suhu terpanas rata-rata tahunan pada tahun 2024. Dan untuk rata-rata suhu panas harian yang ada di Indonesia dapat dilihat pada grafik berikut:



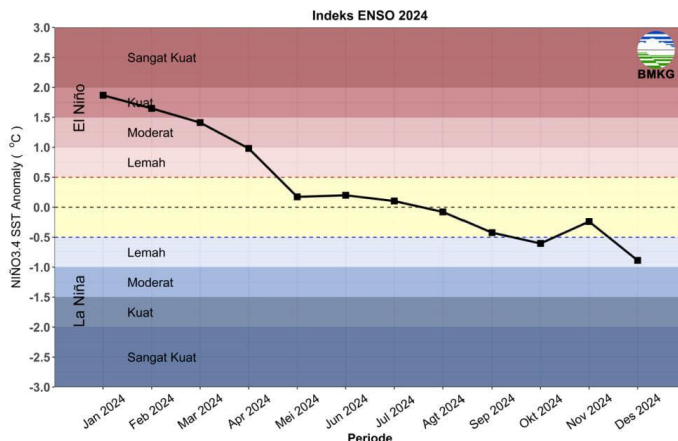
Gambar 2. 7 Suhu udara rata-rata harian di Indonesia dari tahun 1981-2024
(Sumber: Stasiun BMKG, 2024)

Grafik tersebut menunjukkan bahwa suhu panas rata-rata harian sepanjang tahun 2024 umumnya berada di sekitar atau melebihi persentil ke-95 dari suhu rata-rata historis Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar harinya pada tahun 2024 lebih panas dibandingkan dengan kondisi normal. Pencatatan suhu udara nasional mencatat bahwa mayoritas suhu harian Indonesia termasuk dalam kategori tinggi yaitu mencapai 5% perharinya. Fakta tersebut sesuai dengan hasil survey yang dipublikasikan oleh BMKG (2024) dalam buku “Fakta dan Persepsi Perubahan Iklim di Indonesia”. Hasil survey tersebut menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat

Indonesia merasakan peningkatan suhu yang semakin terasa lebih panas dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Secara kumulatif, dalam kurun waktu 44 terakhir sejak tahun 1981-2024 suhu udara rata-rata Indonesia telah meningkat sebesar $0,9^{\circ}\text{C}$, dan telah menjadi rekor baru untuk tahun terpanas dalam sejarah pengamatan suhu di Indonesia.

5. Fenomena El Nino dan La Nina

Pada skala yang berbeda iklim di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor. El Nino yang berlangsung sejak Juni 2023 yang berlanjut hingga Januari-April 2024, dan melemah secara bertahap pada Mei 2024 menjadi kondisi normal. Pada Mei-September 2024 tetap normal dengan indeks El Nino 3.4. Kemudian, pada Oktober 2024 terlihat adanya perbandingan di Samudra Pasifik Tropis bagian tengah dan timur dengan suhu muka laut telah melewati batas La Nina yaitu sebesar $-0,6^{\circ}\text{C}$. Meskipun pada November 2024 sedikit menghangat kembali dengan indeks Nino 3.4 mencapai $-0,8^{\circ}\text{C}$, yang menunjukkan terjadinya fase La Nina lemah.



Gambar 2. 8 Indeks Nino periode Januari s.d Desember 2024
(Sumber data: MGDSSST JMA, 2024)

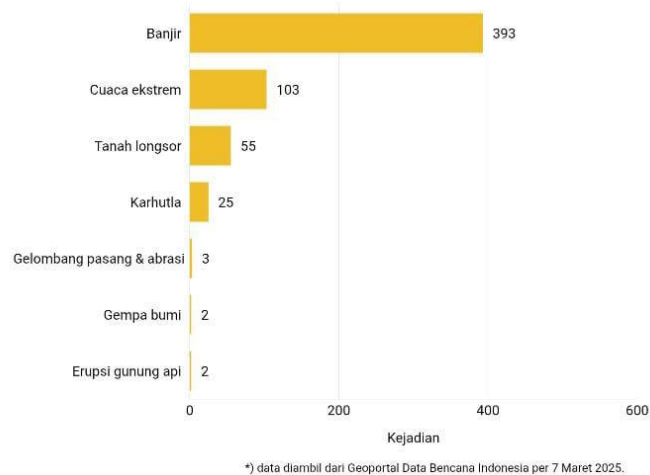
BMKG memprediksi di Indonesia tahun 2025 akan terjadi musim kemarau yang lebih pendek. Awal musim kemarau sudah terjadi sejak April, dan berlangsung bertahap di berbagai wilayah Indonesia. Menurut Deputy Bidang Meteorologi BMKG Guswanto, ada 3 faktor yang mempengaruhi musim

kemarau menjadi lebih pendek. Meski El Nino dalam kondisi normal atau netral. Yang pertama kondisi La Nina yang lemah. Meskipun begitu, La Nina membuat musim kemarau mepet ke Juni. Sehingga meskipun El Nino dalam kondisi netral, tidak memicu kemarau menjadi lebih awal dan berjangka panjang. Sehingga kondisi ini menyebabkan musim kemarau jadi lebih pendek di tahun 2025. Kedua, adanya suhu laut yang meningkat dapat mempengaruhi pola curah hujan. Tetapi tidak menyebabkan kemarau panjang. Karena kondisi El Nino yang netral. Ketiga, di Indonesia di prediksi curah hujan normal. Artinya, di Indonesia di prediksi akan mengalami curah hujan yang normal pada tahun 2025. Sehingga kemarau tidak terlalu panjang.

6. Seringnya Terjadi Banjir

Berdasarkan Geoportal Data Bencana Indonesia milik Badan Penanggulangan Bencana (BNPB), kejadian bencana alam yang terjadi di Indonesia selama periode 1 Januari-31 Desember 2024. Terdapat 2.181 kejadian bencana alam. Dan berdasarkan jenisnya, banjir menjadi bencana alam paling mendominasi sejak 1 Januari-7 Maret 2025 dengan 393 kejadian. Bencana lainnya adalah cuaca ekstrem dengan jumlah 103 kejadian, tanah longsor 55 kejadian, kebakaran hutan dan lahan (karhutala) dengan 25 kejadian.

Jika dilihat berdasarkan wilayah, paling banyak terjadinya bencana alam di wilayah Jawa Barat dengan 83 kejadian dalam periode yang sama, selanjutnya ada Jawa Tengah dengan 82 kejadian, dan Jawa Timur dengan 69 kejadian. Berikut merupakan grafik jumlah bencana alam di Indonesia berdasarkan jenisnya (1 Januari-7 Maret 2025)



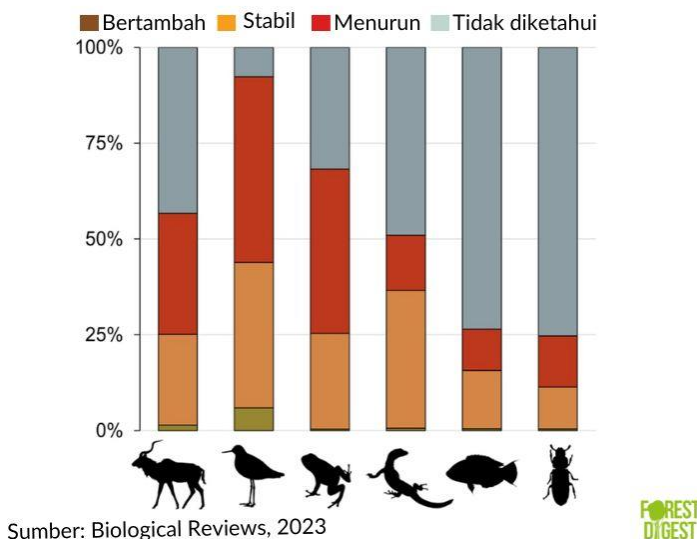
Gambar 2. 9 Grafik Jumlah Bencana Alam di Indonesia Berdasarkan Jenisnya (1 Januari-Maret 2025)
(Sumber: Databoks.Katada.co.id, 2025)

7. Punahnya Hewan di Bumi

Para ahli memperkirakan dunia sedang memasuki kepunahan keenam. Karena banyaknya populasi hewan yang punah pada dua abad terakhir. Kepunahan ini disebabkan karena faktor-faktor non alamiah, atau disebabkan karena aktivitas manusia. Laju kepunahan spesies saat ini 1.000 hingga 10.000 lebih cepat dari laju kepunahan yang seharusnya. Berdasarkan penelitian pada bulan Mei 2023 tentang fenomena kepunahan massal berjudul *More Losers than Winners: Investigating Anthropocene Defaunation Through the Diversity of Population Trends in Biological Review*. Hasil menunjukkan 71.000 spesies hewan mengalami penurunan 48%. 49% stabil, dan 3% spesies yang meningkat. Penurunan spesies sebagian besar terjadi di wilayah tropis, yakni salah satunya di Indonesia. Peneliti menganalisis spesies hewan dari lima kelompok vertebrata. Yakni mamalia, burung, reptil, amfibi, ikan dan serangga.

Populasi satwa

Populasi satwa menurun 48% sejak Revolusi Industri. Menjelang kepunahan keenam?



Gambar 2. 10 Populasi satwa tahun 2023
(Sumber: Biological Reviews, 2023)

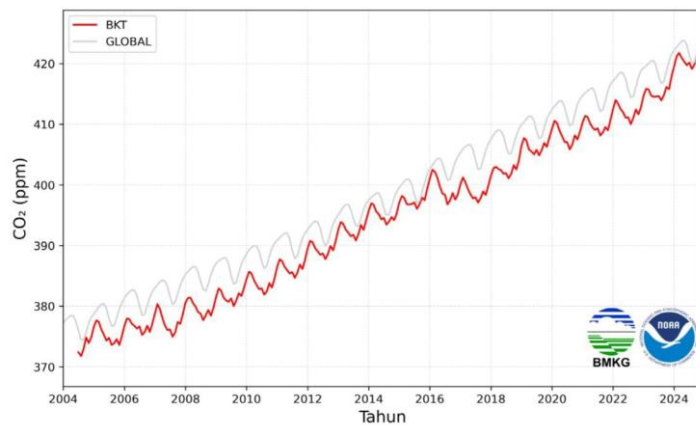
c. Peningkatan kadar CO₂

CO₂ merupakan gas rumah kaca utama yang merangkap panas di atmosfer. Emisi karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, penurunan kemampuan hutan tropis menyerap karbon, serta kebakaran hutan. Penurunan kemampuan hutan dalam menyerap karbon dan kebakaran hutan diantaranya didorong karena kondisi panas pada pola cuaca El Nino di pasifik, sehingga seiring waktu dapat meningkatkan suhu pemanasan global dan perubahan iklim. Hal tersebut dapat berdampak buruk bagi lingkungan, seperti naiknya permukaan laut, kekeringan, dan cuaca yang ekstrem seperti badai, banjir hingga kerusakan pada satwa liar dan sistem alam yang kritis.

BMKG mencatat bahwa laju peningkatan tahunan CO₂ dalam dua dekade terakhir yakni mencapai 4,83 ppm menjadi lonjakan tertinggi. Lonjakan ini berkaitan dengan peristiwa El

Nino yang signifikan pada tahun 2023, sehingga menyebabkan suhu global lebih tinggi dan mengurangi efektivitas serapan karbon oleh ekosistem tropis, termasuk Indonesia. Percepatan pelepasan karbon di atmosfer juga menyebabkan kekeringan berkepanjangan dan peningkatan suhu, sehingga berdampak pada semakin memburuknya kebakaran hutan. Secara global, di tahun 2023 juga tercatat menjadi salah satu pertumbuhan laju CO₂ tertinggi, yakni sekitar 2,28 ppm/tahun. Hal ini menunjukkan meskipun upaya telah dilakukan untuk mengendalikan emisi, laju pertumbuhan CO₂ masih didominasi karena aktivitas manusia, dan adanya pengaruh iklim yang memperburuk akumulasi karbon di atmosfer.

Meskipun di Indonesia pada tahun 2024 tidak ada kejadian kebakaran hutan skala besar, dan El Nino juga sudah menuju Netral. Namun, pertumbuhan CO₂ masih sangat tinggi, hingga mencapai 3,91 ppm. Tidak adanya kebijakan pengurangan emisi yang efektif juga menjadi salah satu faktor yang berkontribusi dalam peningkatan emisi, sehingga mengakibatkan tingginya aktivitas industri dan transportasi yang terus berlangsung. Selain itu, efek jangka panjang dari perubahan iklim yaitu kemampuan ekosistem dalam menyerap karbon semakin berkurang, bahkan dalam kondisi iklim yang lebih stabil. Meningkatnya suhu global juga dapat mempercepat dekomposisi bahan organik di tanah, sehingga akhirnya melepaskan banyak CO₂ ke atmosfer. Secara global, pada tahun 2024 CO₂ tetap mengalami peningkatan, meskipun lebih rendah dari tahun 2023. Fenomena ini menunjukkan bahwa pentingnya pemantauan jangka panjang terhadap konsentrasi CO₂, tidak hanya untuk mengidentifikasi pengaruh El Nino dan kebakaran hutan, tetapi juga untuk mengetahui perubahan sistem karbon global yang lebih luas dampaknya terhadap dinamika atmosfer di masa depan.



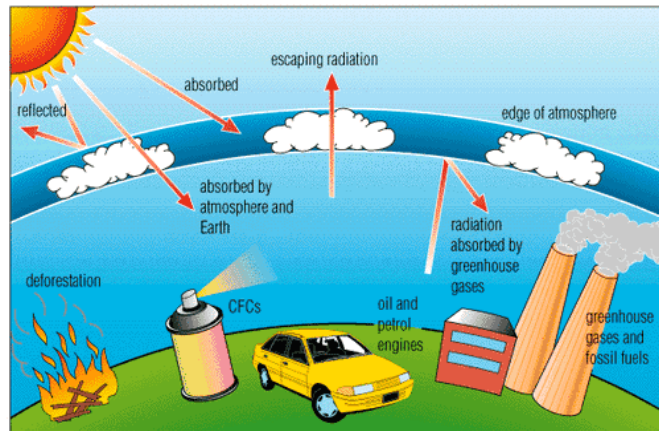
Gambar 2. 11 Fenomena konsentrasi CO₂ di Stasiun Pemantauan Atmosfer Global Bukit Kototabang dan global periode 2004-2024.

(Sumber: Stasiun BMKG, 2024)

Garis merah menunjukkan konsentrasi CO₂ di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, sedangkan garis abu-abu menunjukkan konsentrasi CO₂ global. Data menunjukkan peningkatan konsentrasi CO₂ yang konsisten, dengan nilai tertinggi tercatat pada Maret 2024 sebesar 421,78 ppm dan rata-rata pertumbuhan tahunan sebesar 2,34 ppm per tahun.

d. Efek Rumah Kaca

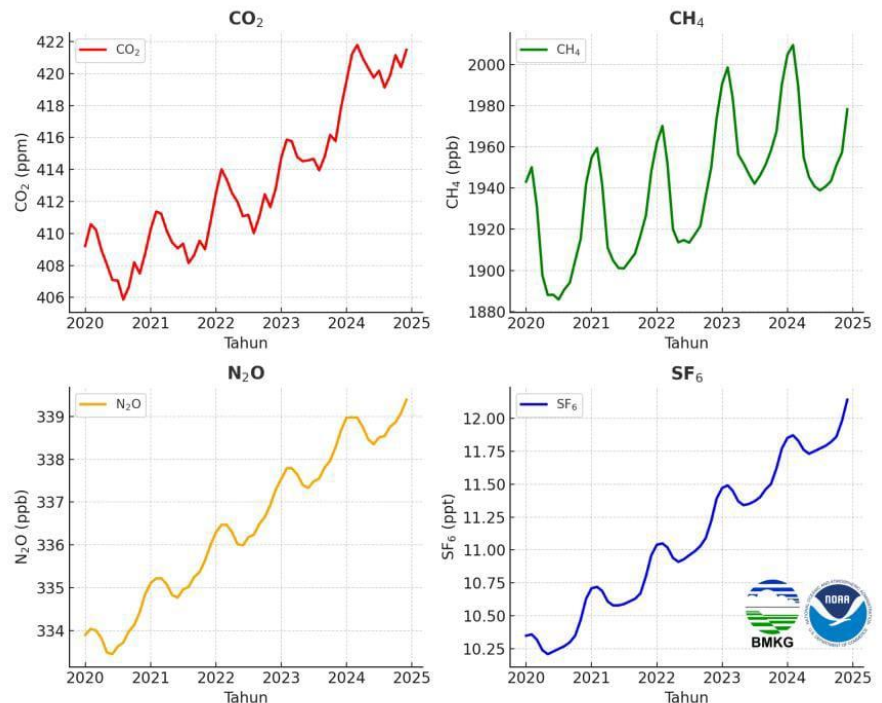
Semakin tinggi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang lepas ke atmosfer maka semakin besar pula panas matahari yang tertangkap di Bumi. Secara global, konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK), yaitu karbon dioksida (CO₂), dinitrogen oksida (N₂O), dan sulfur heksafluorida (SF₆) mencapai tingkat konsentrasi tinggi pada tahun 2024.



Gambar 2. 12 Gambaran efek rumah kaca
(Sumber: dlh.slemankab.go.id)

Data dari Stasiun GAW Bukit Kototabang, Sumatera Barat, Indonesia. Menegaskan bahwa fenomena peningkatan gas rumah kaca di Indonesia mengalami peningkatan dalam lima tahun terakhir (2020-2024). CO_2 melebihi 420 dalam lima tahun terakhir (2020-2024). CO_2 melebihi 420 ppm (150 % dari tingkat pra-industri), CH_4 melampaui 1980 ppb (264 % dari tingkat pra-industri), N_2O mendekati 339 ppb (124 % dari tingkat pra-industri), dan SF_6 mencapai 12 ppt. Data tersebut mencerminkan keseimbangan antara aktivitas manusia, sumber alami, serta proses penyerapannya di atmosfer (WMO, 2024). Selain itu, efek dari konsentrasi gas rumah kaca yang terus meningkat dapat menjadi indikasi terjadinya perubahan signifikan dalam pola emisi global dan lokal (IPCC, 2021). Sehingga sangat penting diadakannya pemantauan secara berkala.

Fenomena gas rumah kaca yang terjadi selama periode tahun 2020-2024 menunjukkan pola yang konsisten. Berikut grafik gas rumah kaca utama (CO_2 , CH_4 , N_2O , dan SF_6)



Gambar 2. 13 Grafik konsentrasi gas rumah kaca utama (CO_2 , CH_4 , N_2O , dan SF_6) selama periode 2020-2024.
(Sumber: Stasiun BMKG, 2024)

Hasil pemantauan menunjukkan bahwa karbon dioksida (CO_2) terus meningkat dengan rata-rata saat ini lebih dari 420 ppm, atau sekitar 280 ppm dari tingkat industri (150%) (WMO, 2024). Garis solid menunjukkan nilai pengamatan bulanan. Data ini menunjukkan peningkatan yang konsisten dalam lima tahun terakhir, sejalan dengan fenomena global. Meskipun terdapat variasi musiman, fenomena keseluruhan dalam konsentrasi CO_2 di atmosfer menunjukkan peningkatan yang stabil (IPCC, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa emis dari pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi masih menjadi faktor yang mendominasi dalam peningkatan kadar CO_2 di udara. Fenomena peningkatan CO_2 dalam lima tahun terakhir menunjukkan hasil yang konsisten dengan pola global, yakni laju kenaikan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan dekade sebelumnya (WMO, 2024).

Sedangkan metana (CH_4) meningkat signifikan dengan fluktuasi tahunan yang lebih besar dibandingkan dengan gas lainnya. CH_4 telah melampaui 1980 ppb, atau sekitar 722ppb lebih tinggi dari tingkat pra-industri (264%) (WMO, 2024). Hal ini menunjukkan adanya dampak dari sumber emisi antropogenik yang meningkat, terutama berasal dari sektor pertanian, peternakan, dan sistem pengelolaan limbah (IPCC, 2021). Eksploitasi gas alam dan aktivitas industri lainnya juga menjadi penyumbang atas lonjakan kadar CH_4 di atmosfer (IPCC, 2021). Mengingat dalam jangka pendek, bahwa daya pemanasan global CH_4 jauh lebih tinggi dibandingkan CO_2 . Sehingga upaya pengendalian emisi gas ini sangat penting (IPCC, 2021).

Sementara itu, dinitrogen oksida (N_2O) menunjukkan hasil kenaikan yang stabil dalam lima tahun terakhir, dengan rata-rata konsentrasi mendekati 339 ppb, atau sekitar 270 ppb (124%) (WMO, 2024). Gas ini memiliki kontribusi besar terhadap rusaknya lapisan ozon dan efek rumah kaca (IPCC, 2021). Fenomena kenaikan N_2O yang stabil juga menunjukkan bahwa sumber emisi utama yaitu berasal dari sektor pertanian, dengan pengamatan global dan pertumbuhan yang sejalan.

Sedangkan sulfur heksafluorida (SF_6) mengalami peningkatan pertumbuhan liner yang jelas dan signifikan mencapai 12 ppt, dibanding dengan tingkat pra-industri sebelumnya hampir nol (WMO, 2024). SF_6 juga digunakan pada berbagai aplikasi industri, terutama sebagai isolator gas yang banyak digunakan dalam peralatan listrik (IPCC, 2021). Namun, pemantauan dan regulasi lebih ketat mengenai penggunaan gas sangat diperlukan untuk membatasi dampak lingkungan dan efek pemanasan global.

Pengaruh aktivitas manusia semakin signifikan terhadap atmosfer menunjukkan adanya pengaruh terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca selama lima tahun terakhir (IPCC, 2021). Fenomena ini sama dengan laporan global mengenai gas rumah kaca yang terus meningkat dari tahun ke tahun (WMO, 2024). Berdasarkan data dari stasiun pemantauan atmosfer global bukit kototabang dapat digunakan untuk dinamika regional dan dampaknya terhadap perubahan iklim. Selain itu, pemantauan gas rumah kaca secara berkala di wilayah tersebut dapat memberikan wawasan lebih lanjut mengenai fenomena

yang terjadi dalam waktu panjang sehingga dapat menjadi dasar dalam perumusan kebijakan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di Indonesia (IPCC, 2021).

e. Mekanisme Terjadinya Efek Rumah Kaca

Singkatnya, proses terjadinya efek rumah kaca dimulai ketika panas matahari merambat dan masuk ke permukaan bumi. Kemudian panas matahari dipantulkan kembali oleh permukaan bumi menuju angkasa, melalui atmosfer. Panas matahari yang akhirnya terperangkap di permukaan bumi akan menjadi penyebab semakin panasnya suhu bumi.



Gambar 2. 14 Proses terjadinya efek rumah kaca
(Sumber: www.ruangguru.com 2024)

f. Aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan

1. Defortasi dan alih fungsi lahan

Salah satu aktivitas manusia yang berdampak buruk pada lingkungan adalah penebangan hutan secara besar-besaran untuk alih fungsi lahan seperti lahan pertanian, perkebunan, atau pemukiman juga berkontribusi terhadap peningkatan efek rumah kaca. Dampak alih fungsi lahan khususnya hutan, selain mengurangi habitat hewan, tumbuhan, bahkan mengganggu keanekaragaman hayati juga memiliki andil dalam suhu dunia. Alih fungsi lahan umumnya dilakukan dengan cara membakar lahan hutan yang menyebabkan terlepasnya gas rumah kaca (CO_2) dan gas karbon monoksida (CO) yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu, penebangan liar juga ikut andil dalam pengurangan pohon di hutan. Kegiatan ini tanpa disadari dapat

menyebabkan berkurangnya penyerapan CO₂ yang di serap atmosfer. Bagi tumbuhan, gas CO₂ digunakan dalam proses fotosintesis.

2. Aktivitas kendaraan bermotor



Gambar 2. 15 Asap dari kendaraan bahan bakar bensin
(sumber: lpmdinamika.co)

Semakin padatnya penduduk, maka jumlah kendaraan bermotor juga akan semakin bertambah. Kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti mobil, truk, pesawat terbang, dan kapal laut. Sehingga aktivitas manusia seperti menggunakan kendaraan bermotor dapat meningkatkan emisi gas karbon monoksida (CO) yang menjadi salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*). Asap yang dikeluarkan kendaraan juga mengandung sumber utama emisi CO₂. Selain dapat menimbulkan efek rumah kaca, asap kendaraan bermotor juga dapat menjadi penyebab munculnya penyakit yang berbahaya.

3. Pemborosan listrik

Pemborosan listrik merupakan salah satu contoh yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Pembangkit listrik sebagian besar mengeluarkan CO₂ dalam jumlah yang sangat banyak.

4. Pembakaran Sampah dan bahan bakar fosil



Gambar 2. 16 Bakar sampah plastik menjadi salah satu penyebab pemanasan global
(Sumber: suma.ui.ac.id)

Pembakaran sampah dapat menimbulkan asap yang mengandung zat CO₂. Dan jika asap tersebut memenuhi atmosfer bumi, maka sinar matahari akan dipantulkan kembali dan menyebabkan bumi menjadi semakin panas. dan pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam untuk menghasilkan energi adalah CO₂. Hal ini dapat menyebabkan pelepasan CO₂ dalam jumlah besar ke atmosfer, sehingga dapat memperkuat efek rumah kaca dan semakin meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca.

g. Solusi mengatasi pemanasan global

1. Menghemat penggunaan listrik

Untuk mengatasii efek rumah kaca dapat dilakukan dengan menggunakan energi alam untuk memproduksi listrik.

2. Melakukan reboisasi dan menjaga kelestarian hutan

Pohon dan jenis tumbuhan lainnya memiliki peran yang sangat berdampak, terutama sebagai penghasil oksigen yang menjadi faktor penentu kehidupan. Selain itu, tumbuhan juga dapat mengolah CO₂ menjadi organik dan oksigen.

3. Mengurangi pemakaian kendaraan bermotor

Mengurangi pemakaian kendaraan bermotor tentunya dapat mengurangi jumlah asap atau polusi yang dapat berdampak buruk terhadap lingkungan sekitar.

4. Mengolah sampah dengan baik

Sampah-sampah yang dikelola dengan baik yaitu dengan di daur ulang, maka tentunya akan lebih bermanfaat.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Irdatul Wardah, Kiki Septaria, Khoiro Mahbubah, Husni Mubarak tahun 2022 dengan judul “*The Effect of Project Based Learning (PjBL) Model on Students' Science Literacy in Social Studies Subjects*” Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan *one group pretest posttest design* dengan fokus penelitian untuk menganalisis peningkatan *Project Based Learning* terhadap literasi sains. Hasil penelitian menunjukkan pelaksanaan pembelajaran *Project Based Learning* pada kategori sangat baik dengan rata-rata 91,19%, dimana hal ini menunjukkan hasil positif yang signifikan dalam meningkatkan literasi sains peserta didik ($p < 0,05$). Persamaan pada penelitian ini adalah menggunakan model *Project Based Learning* namun terdapat perbedaan dalam penggunaan sekolah yaitu SMK sedangkan peneliti menggunakan SMA.

Kemudian, penelitian relevan lainnya tentang adanya Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran *Project Based Learning* Terhadap Literasi Sains Peserta Didik pernah dilakukan Kamariah, Muhlis, Agus Ramdani pada tahun (2023). Penelitian Menggunakan metode *quasi eksperiment* dan *pretest posttest control group design*. dengan menggunakan uji Anacova. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil signifikan kemampuan literasi sains 0,008 dengan nilai F hitung 7,543. Berdasarkan nilai p-value (sig) yang didapatkan menunjukkan nilai $0,008 < 0,05$. Penelitian memiliki persamaan dengan sama-sama menggunakan model pembelajaran *project based learning* untuk mengukur literasi sains pada sma, namun terdapat perbedaan pada metode penelitian, dimana penelitian relevan menggunakan metode *quasi eksperiment* dan *pretest posttest control group design* sedangkan penelitian penulis menggunakan metode *one group pretest posttest design*. Kemudian terdapat perbedaan juga pada populasi penelitian yang digunakan, penelitian relevan dilakukan pada kelas XI sedangkan penelitian penulis pada kelas X.

2.3 Kerangka Konseptual

Permasalahan rendahnya literasi sains peserta didik masih menjadi tantangan dalam proses pembelajaran sains. Hasil studi pendahuluan yang dilakukan di kelas 10 SMAN 1 Manonjaya dengan metode tes literasi sains menunjukan bahwa hasil literasi sains peserta didik masih tergolong rendah atau kurang. Salahsatu penyebabnya yaitu karena pembelajaran yang masih berpusat pada

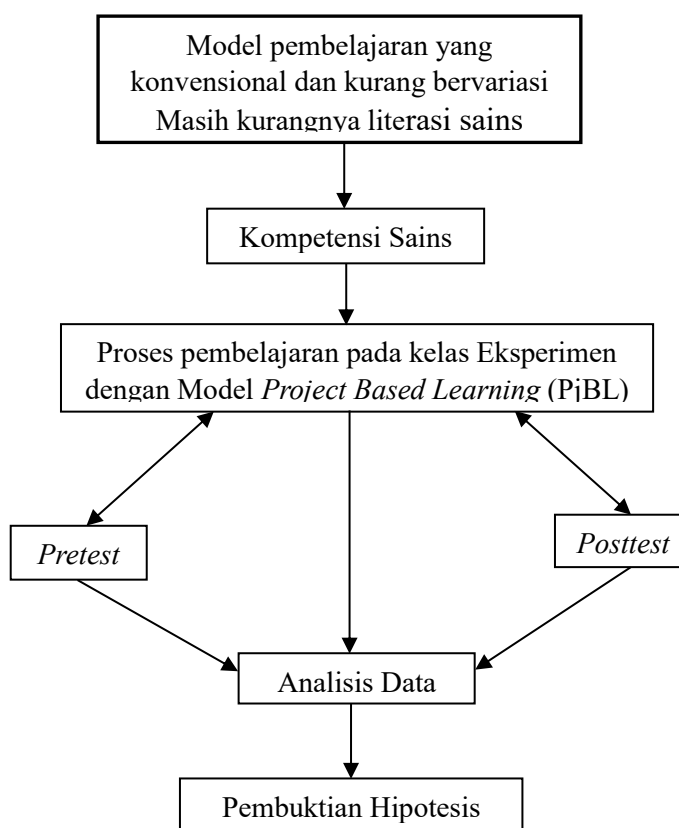
guru, sehingga peserta didik kurang aktif dalam pembelajarannya serta kurangnya pemahaman terkait materi yang dipelajari karena kurang partisipasi peserta didik dalam pembelajaran tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu adanya pembelajaran yang bervariasi sehingga literasi sains peserta didik dapat meningkat melalui model pembelajarannya. Model pembelajaran berperan penting dalam meningkatkan kompetensi sains peserta didik. Kompetensi sains merupakan kemampuan pemahaman konsep pengetahuan yang telah dipelajari peserta didik dan dihubungkan dengan konsep nyata yang sering terjadi di kehidupan sehari-hari. Model pembelajaran tradisional cenderung menekankan hafalan konsep tanpa keterlibatan aktif peserta didik. Salah satu cara di terapkannya model pembelajaran berbasis proyek dapat menjadi solusi karena mendorong peserta didik untuk terlibat secara langsung dalam kegiatan yang bersifat eksplorasi, pengamatan dan kerja kelompok. Melalui proyek, peserta didik ditantang untuk memecahkan masalah nyata, mengaitkan pembelajaran dengan dunia sekitar, dan menghasilkan produk atau solusi sebagai bentuk penerapan pengetahuan sains.

Dalam penelitian ini, model PjBL diterapkan pada materi pemanasan global yang sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari dan isu lingkungan saat ini. Materi pemanasan global adalah salah satu konsep yang terdapat pada pelajaran IPA, materi pemanasan global berkaitan dengan fakta lingkungan secara global. Dengan materi yang kompleks peserta didik akan lebih memahami materi terkait materi pemanasan global saat melakukan pembelajaran berbasis proyek sebagai upaya pencegahan pemanasan global. Pembelajaran berbasis proyek yaitu dengan model *project based learning* (PjBL) merupakan pembelajaran yang menekankan pada keterlibatan aktif peserta didik melalui kegiatan proyek yang kontekstual dan bermakna. Dalam konteks materi pemanasan global, model *project based learning* (PjBL) memungkinkan peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan lingkungan, merancang solusi serta menyajikan hasil proyek. Sehingga dengan menggunakan model yang bervariasi dalam pembelajaran, maka ilmu yang disampaikan bisa diserap oleh peserta didik, karena dianggap lebih menyenangkan.

Untuk mengetahui sejauh mana peningkatan kompetensi sains peserta didik melalui model PjBL, maka dilakukan pengukuran menggunakan instrumen tes berupa soal *pretest* dan *posttest* yang disusun berdasarkan indikator kompetensi sains pada

materi pemanasan global. Dengan demikian, hasil *pretest* dan *posttest* digunakan sebagai dasar untuk mengetahui peningkatan yang terjadi setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek yaitu pembelajaran menggunakan model *project based learning* (PjBL).



Gambar 2. 17 Bagan Permasalahan
Sumber: Dokumen Peneliti

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Ho : Tidak ada peningkatan kompetensi sains peserta didik melalui model *Project Based learning* (PjBL) pada materi pemanasan global.

Ha : Ada peningkatan kompetensi sains peserta didik melalui model *Project Based learning* (PjBL) pada materi pemanasan global.