

## Pemanasan Global: Faktor, Dampak dan Upaya Penanggulangan

**Jefri Kurniawan<sup>1</sup>, Abdul Razak<sup>2</sup>, Nurhasan Syah<sup>3</sup>, Skunda Diliarosta<sup>4</sup>, Aulia Azhar<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Email: <sup>1</sup>jefrikurniawan@student.unp.ac.id, <sup>2</sup>abdulrzk121@gmail.com, <sup>3</sup>nurhasan@ft.unp.ac.id,

<sup>4</sup>skunda@fmipa.unp.ac.id, <sup>5</sup>aulia.azhar057@fmipa.unp.ac.id

### Abstract

*Nowadays, the world's attention is focused on the problem of global warming. This is because global warming contributes to ecosystem changes. The article reviews the factors that cause global warming, how the impacts are caused from various aspects including elevated sea levels, unpredictable weather patterns, and disasters caused by nature, disruption to productivity and crops, health problems and decreased biodiversity. Furthermore, this paper reviews what efforts can be made to mitigate global warming. This article uses a literature review method that synthesizes several international articles as reference information related to global warming. The study's findings indicate that the primary factors causing global warming are the increase in greenhouse gases and deforestation. This factor has an impact on ecosystem changes so that it has a high urgency in overcoming it. Mitigation efforts to address global warming include conventional mitigation strategies, negative emission technologies, and innovative geoengineering approaches. In addition, it requires seriousness and diplomatic cooperation from various parties in efforts to mitigate the impacts caused.*

**Keywords:** Global Warming, Climate Change, Factors, Impacts, Mitigation.

### Abstrak

Saat ini, perhatian dunia tertuju pada masalah pemanasan global. Hal ini dikarenakan pemanasan global berkontribusi pada perubahan ekosistem. Artikel mengulas terkait faktor-faktor penyebab terjadinya pemanasan global, bagaimana dampak yang ditimbulkan dari berbagai aspek meliputi permukaan air laut yang tinggi, pola cuaca yang tidak dapat diprediksi, dan bencana alam, gangguan terhadap produktivitas dan tanaman, gangguan kesehatan dan penurunan keanekaragaman hayati. Selanjutnya, tulisan ini mengulas terikat tindakan yang harus diupayakan dalam mitigasi pemanasan global. Artikel ini menggunakan metode *literatur review* yang mensintesis beberapa artikel internasional sebagai rujukan informasi berhubungan pemanasan global. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa deforestasi dan peningkatan emisi gas rumah kaca adalah penyebab utama pemanasan global. Faktor ini berdampak pada perubahan ekosistem sehingga memiliki urgensi yang tinggi dalam penanggulangannya. Upaya mitigasi yang dilakukan dalam mengatasi pemanasan global diantaranya strategi mitigasi konvensional, teknologi emisi negatif, dan pendekatan *geoengineering* yang inovatif. Disamping itu dibutuhkan keseriusan dan kerjasama diplomatik dari berbagai pihak dalam upaya mitigasi dampak yang ditimbulkan.

**Kata Kunci:** Pemanasan Global, Perubahan Iklim, Faktor, Dampak, Penanggulangan.

## 1. PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah proses penambahan kadar gas rumah kaca, termasuk meningkatnya konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berkontribusi terhadap perubahan suhu bumi. Suhu sangat erat hubungannya dengan unsur-unsur iklim lainnya (seperti tekanan, angin, kelembaban, penguapan dan curah hujan) karena unsur-unsur ini secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi ekosistem (Yehia et al., dalam Muhsin et al., 2023). Rata-rata suhu global telah meningkat hampir  $1^{\circ}\text{C}$  sejak tahun 1880 (Nunez et al., 2019). Sebagian besar penelitian terkait berubahnya iklim yang ada

memproyeksikan bahwa temperatur global akan terus bertambah diantara 2 °C – 5 °C bahkan lebih pada tahun 2100 (Nunez et al., 2019). Peningkatan suhu bumi akibat pemanasan global pada dasarnya menyebabkan fenomena perubahan iklim yang berdampak besar bagi lingkungan.

Perubahan iklim merupakan perubahan variasi jangka panjang dalam faktor abiotik (IPCC 2007a dalam Quratulann et al., 2021). Perubahan suhu dan cuaca bumi dalam kurun waktu yang panjang yang dilatarbelakangi oleh kegiatan manusia yang mengubah siklus hujan, menaikkan debit air laut, menyebabkan badai dan gelombang, dan memiliki efek merugikan lainnya yang membahayakan kehidupan manusia disebut sebagai perubahan iklim (Mubila et al., 2024; Shivanna, 2022). Hal ini menjadi salah satu bahaya terbesar bagi manusia karena dapat membahayakan fungsi sistem alam (CSIR dalam Muhsin et al., 2023). Pemanasan global adalah faktor penyebab fenomena perubahan iklim yang mempengaruhi banyak aspek kehidupan di Bumi dimana peningkatan suhu bumi dilatarbelakangi oleh berbagai faktor dan berdampak pada ekosistem dan keanekaragaman hayati.

Pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim berdampak pada keseluruhan keanekaragaman hayati dalam ekosistem. Faktor penyebab penurunan keanekaragaman hayati pada abad ini adalah perubahan iklim. Perubahan iklim mempengaruhi keanekaragaman hayati karena variabel iklim sangat menentukan rentang distribusi geografis spesies (yaitu, cakupan iklim spesies). Oleh karena itu, di daerah-daerah yang iklimnya tidak lagi sesuai, spesies-spesies akan mengubah jangkauan geografisnya dan punah secara lokal, tergantung pada kapasitas penyebarannya. Semua dampak negatif ini memperburuk tantangan dalam mengelola dan melestarikan keanekaragaman hayati (Nunez et al., 2019).

Isu pemanasan global pada dasarnya menjadi permasalahan global yang mendapatkan perhatian khusus oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Hal ini tertuang sebagai indikator yang perlu dicapai dalam program *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-13 yaitu penanganan perubahan iklim. Pemanasan global adalah masalah yang mendesak dengan dampak mendalam pada berbagai aspek kehidupan, termasuk lingkungan, ekonomi, dan kesehatan masyarakat. Kenaikan suhu rata-rata Bumi, menyebabkan bencana alam yang lebih sering dan parah. Konsekuensi terparah dari pemanasan global alah kepunahan spesies yang menyebabkan perubahan ekosistem yang merusak keseimbangan ekologis yang berpengaruh besar bagi manusia. Urgensi mengatasi pemanasan global digarisbawahi oleh perlunya tindakan mendesak serta terkoordinasi untuk mengurangi dampaknya dan beradaptasi dengan konsekuensinya. Dalam upaya penanganan pemanasan global, dirumuskan permasalahan sebagai berikut: bagaimana faktor penyebab, dampak yang ditimbulkan, serta strategi penanganan pemanasan global dalam lingkup global? Berdasarkan rumusan permasalahan yang ditentukan, tulisan ini bertujuan untuk mengetahui strategi dan upaya penanganan pemanasan global berdasarkan faktor penyebab dan dampak yang ditimbulkan secara eksplisit.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *literatur review* sebagai metodologinya. Metode ini dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya, melakukan evaluasi literatur yang ada, mengidentifikasi pola dan tren, mensintesis temuan, mengidentifikasi kesenjangan penelitian, dan merekomendasikan topik penelitian baru. Metode ini merupakan dasar bagi peneliti untuk memahami dan membangun pengetahuan yang ada di bidangnya (Setiyo & Rochman, 2023).

Pencarian literatur menggunakan data dasar yang ada pada *google scholar* dan *Science Direct* dengan menggunakan kata kunci global warming. Jumlah artikel yang dikaji dalam penelitian ini adalah 11 (sebelas) artikel dalam durasi waktu 5 (lima) tahun terakhir (2019-2024). Pemilihan artikel dalam durasi waktu 5 (lima) tahun terakhir didasari oleh relevansi dan kebaruan informasi dimana temuan dari artikel terbaru lebih mencerminkan perkembangan ilmu pengetahuan terkini. Disamping itu, dalam kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir, terdapat perubahan kebijakan dan regulasi yang minim sehingga artikel yang dirujuk dapat menggambarkan konteks terkini permasalahan sesuai kondisi yang ada. Artikel yang dipilih memiliki pembahasan dalam ruang lingkup kajian meliputi fenomena pemanasan global dan perubahan iklim yang ada di dunia. Disamping itu, artikel yang dipilih merupakan artikel internasional dikarenakan dapat memberikan keunggulan dalam hal perspektif global, kualitas penelitian, dan relevansi teori. Hal ini membantu peneliti menghasilkan karya yang tidak hanya relevan secara lokal, tetapi juga memiliki kontribusi di tingkat global. Daftar artikel yang menjadi rujukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Artikel yang Menjadi Rujukan

No	Penulis	Judul	Penerbit	Tahun
1	Nunez et al., 2019	<i>Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2 °C enough?</i>	<i>Climatic Change</i>	2019
2	Fawzy et al., 2020	<i>Strategies for mitigation of climate change: a review</i>	<i>Springer International Publishing</i>	2020
3	Soeder, 2021	<i>Fossil Fuels and Climate Change</i>	<i>Springer International Publishing</i>	2020
4	Quratulann et al., 2021	<i>Review on climate change and its effect on wildlife and ecosystem</i>	<i>Open Journal of Environmental Biology</i>	2021
5	Ondiko et al., 2022	<i>A Review of the Anthropogenic Effects of Climate Change on the Physical and Social Environment</i>	<i>Open Access Library Journal</i>	2022
6	Shivanna, 2022	<i>Climate change and its impact on biodiversity and human welfare</i>	<i>Proceedings of the Indian National Science Academy</i>	2022
7	Muhsin et al., 2023	<i>Climate Change and Biodiversity: A Review on Understanding the Global and Local Impacts of Warming on The Ecosystems</i>	<i>Al-Kufa University Journal for Biology</i>	2023
8	Giménez, 2023	<i>Humans, fire, fossil fuel, and the rise of anthropogenic CO<sub>2</sub></i>	<i>Oxford University Press eBooks</i>	2023
9	Kanna et al., 2024	<i>The Effects of Greenhouse Gas Emissions on Global Warming</i>	<i>Elsevier</i>	2024
10	Mume et al., 2024	<i>Impact of Climate Change on the Environment: A Synthesis Study</i>	<i>Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry</i>	2024
11	Filonchyk et al., 2024	<i>Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O</i>	<i>Elsevier</i>	2024

Sumber: Analisis Penulis, 2024

Penelitian ini bersifat deskriptif yang menggunakan analisis dengan pendekatan induktif. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman komprehensif tentang fenomena dengan berfokus pada proses dan makna yang berasal dari data yang dikumpulkan. Proses analisis diawali dengan menentukan penyebab pemanasan global. Menentukan penyebab pemanasan global bertujuan untuk memahami akar masalah dari peningkatan suhu bumi akibat aktivitas manusia dan fenomena alam. Tahapan selanjutnya adalah analisis dampak yang ditimbulkan dari pemanasan global. Analisis dampak bertujuan untuk memahami

konsekuensi perubahan iklim terhadap berbagai aspek kehidupan manusia dan lingkungan. Informasi dari analisis ini digunakan sebagai dasar untuk merancang strategi mitigasi dan adaptasi yang efektif. Langkah terakhir adalah analisis upaya mitigasi yang dilakukan dalam mengatasi pemanasan global. Tujuan dari analisis upaya mitigasi dalam mengatasi pemanasan global bertujuan untuk menilai efektivitas tindakan yang dilakukan dalam rangka meminimalisir kerusakan dan dampak yang ditimbulkan dari perubahan iklim dan emisi gas rumah kaca. Informasi yang didapatkan dapat dipergunakan dalam upaya menciptakan strategi yang lebih baik, meningkatkan implementasi kebijakan, dan memastikan pencapaian target iklim global.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Kontribusi Aktivitas Industri dan Pertanian dalam Pemanasan Global

Bertambahnya temperatur bumi yang disebabkan oleh akumulasi gas rumah kaca yang menyimpan panas di atmosfer disebut sebagai pemanasan global. Terdapat beberapa faktor yang melatarbelakangi peningkatan suhu bumi dimana faktor-faktor ini berkontribusi pada peningkatan jumlah gas rumah kaca di atmosfer, yang memerangkap panas dan menyebabkan perubahan iklim. Gas rumah kaca adalah serangkaian gas, termasuk uap air, karbon dioksida, metana, oksida nitrogen, ozon, dan klorofluorokarbon, yang menyebabkan atmosfer bumi menahan panas, ikut menjadi penyebab efek rumah kaca dan mempengaruhi suhu global (Patterson, 2012). Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan komponen utama gas rumah kaca dengan persentase 76% diikuti dengan metana ( $\text{CH}_4$ ) (16%), dan dalam jumlah terbatas nitrogen oksida (2%) (Shivanna, 2022). Efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global diperparah oleh beberapa aktivitas manusia (Quratulann et al., 2021). Kondisi ini meningkatkan suhu atmosfer dan permukaan laut sehingga menyebabkan perubahan iklim yang berbahaya. (mcc dalam Quratulann et al., 2021). Rata-rata suhu permukaan laut mengalami peningkatan dari  $1,1^\circ\text{C}$  hingga  $6,4^\circ\text{C}$  pada pergantian abad kedua puluh satu menurut proyeksi model iklim dari panel antar pemerintah tentang perubahan iklim. Selama 20 tahun terakhir kenaikan suhu 8 kali lebih banyak dari 100 tahun terakhir dengan laju perubahan iklim yang sangat cepat (Quratulann et al., 2021).

Proses pembakaran bahan bakar fosil meliputi batubara, minyak dan gas alam yang digunakan untuk mobil dan industri menghasilkan emisi karbon adalah sumber utama emisi gas rumah kaca (Shivanna, 2022). Emisi karbon telah menjadi kontributor signifikan terhadap pemanasan global dan perubahan iklim. Komponen utama gas rumah kaca yang memerangkap panas di atmosfer adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), yang dilepaskan ketika bahan bakar fosil dibakar (Kanna et al., 2024) (Soeder, 2021). Proses ini telah meningkat sejak Revolusi Industri, yang menyebabkan pemanasan global yang belum pernah terjadi sebelumnya dan dampak yang merugikan terhadap lingkungan. Salah satu aktivitas lain yang menjadi penyebab peningkatan gas rumah kaca diantaranya adalah kegiatan pertanian. Dalam kegiatan ini, proses peningkatan gas rumah kaca terjadi akibat emisi gas rumah kaca ke atmosfer, seperti karbon dioksida dan metana yang dihasilkan dari kegiatan pertanian dan nitrogen oksida dari pupuk tanaman yang masuk secara bertahap ke atmosfer dalam jumlah besar sehingga keseimbangan gas atmosfer menjadi berubah karena ketiga gas tersebut dilepaskan lebih banyak dari batas yang dapat diterima sehingga panas bumi terperangkap (Quratulann et al., 2021).

Disamping aktivitas pertanian, perubahan penggunaan lahan, khususnya aktivitas penggundulan hutan (deforestasi), pelepasan karbon yang tersimpan ke atmosfer adalah salah satu faktor yang menjadi penyebab utama emisi gas rumah kaca yang selanjutnya

berkontribusi terhadap pemanasan global (Giménez, 2023). Hutan merupakan penyerap utama CO<sub>2</sub> di atmosfer. Revolusi industri mengakibatkan meningkatnya proporsi penggundulan hutan yang didorong oleh tuntutan urbanisasi, kegiatan industri, dan pertanian skala besar. Penanaman tanaman pangan untuk aktivitas pertanian telah diperluas hingga satu juta km selama dua dekade terakhir dan sekitar setengah dari lahan baru yang diperluas ini telah menggantikan hutan dan ekosistem lainnya (Potapov et al. dalam Shivanna, 2022). Menurut World Wildlife Fund (WWF), lebih dari 43 juta hektar hutan hilang antara tahun 2004 dan 2017 dari 377 juta hektar yang dipantau di seluruh dunia (Pacheco et al. dalam Shivanna, 2022). Penggundulan hutan memperburuk pemanasan global dengan mengurangi kapasitas penyerapan karbon, melepaskan karbon yang tersimpan, mengubah siklus air, dan mempengaruhi keseimbangan alam secara keseluruhan.

### 3.2 Perubahan Iklim Sebagai Dampak dan Konsekuensi Pemanasan Global

Pemanasan global berkontribusi dalam berubahnya iklim yang mempengaruhi seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Peningkatan suhu global berkontribusi pada perubahan cuaca yang lebih sering dan parah, seperti gelombang panas, kekeringan, dan banjir (Mume et al., 2024) (Ondiko et al., 2022). Disamping itu perubahan iklim mengubah pola curah hujan yang mempengaruhi ketersediaan dan kualitas air (Kolawole & Okonkwo, 2022) (Ondiko et al., 2022). Perubahan iklim yang ditimbulkan dari pemanasan global berdampak pada kenaikan muka air laut, cuaca ekstrim dan bencana alam, gangguan terhadap produktivitas dan tanaman, gangguan kesehatan dan penurunan keanekaragaman hayati.

Pemanasan global menyebabkan permukaan laut rata-rata naik dalam dua cara. Di satu sisi, mencairnya gletser, lapisan es kutub, dan lapisan es Atlantik menambah air ke lautan dan di sisi lain volume lautan meluas saat air menghangat. Karbon hitam adalah istilah untuk partikel karbon kecil (< 2,5 μm) yang dilepaskan ketika bahan bakar fosil, bahan bakar nabati, dan biomassa tidak terbakar sempurna. Saat melayang di udara (sebelum mengendap di permukaan bumi), partikel karbon hitam menyerap panas matahari 1000 kali lebih efektif daripada CO<sub>2</sub> sehingga berkontribusi terhadap pemanasan global (Shivanna, 2022). Konsekuensi dari naiknya permukaan air laut memiliki dampak yang menghancurkan pada habitat pesisir, yang menyebabkan erosi, banjir lahan basah, hilangnya tanah pertanian, kontaminasi garam, hilangnya habitat bagi ikan, burung, dan tanaman. Meningkatnya permukaan air laut mendorong garis air yang tinggi ke daratan, sehingga banyak habitat tidak dapat bergerak ke daratan karena penghalang buatan manusia atau alami. Hal ini mengakibatkan hilangnya habitat seperti rawa dan dataran lumpur yang mengancam kehidupan satwa liar dan spesies burung (Quratulann et al., 2021). Ruang yang tersedia bagi komunitas pesisir berkurang akibat meningkatnya muka air laut yang menyebabkan erosi pantai. Pengurangan vegetasi pesisir terjadi karena masuknya mineral ke daratan tidak mencukupi. Vegetasi pesisir (komunitas klimaks) kembali menjadi kolonisator utama karena seringnya terendam. Dengan demikian, suksesi komunitas tumbuhan akan berulang, dan pemulihan setiap siklus akan lebih lambat daripada yang pertama (Houghton dalam Quratulann et al., 2021).

Dampak lain dari pemanasan global lainnya adalah perubahan pola cuaca dan bencana alam. Salah satu perubahan nyata yang terlihat dalam beberapa tahun terakhir adalah cuaca ekstrem dan tidak dapat diprediksi. Pada dekade-dekade sebelumnya, pola cuaca tahunan dapat diprediksi dengan cukup pasti, termasuk awal dan akhir musim hujan. Hal ini sangat bermanfaat bagi petani dimana dapat merencanakan periode penanaman tanaman sesuai dengan cuaca yang berlaku. Saat ini pola cuaca berubah hampir setiap tahun dan petani mengalami kerugian besar. Demikian pula, tingkat curah

hujan tahunan dan lokasi yang terkait dengan curah hujan tidak dapat diprediksi dengan pasti. Demikian pula, periode dan tingkat hujan salju di daerah beriklim sedang juga menjadi sangat bervariasi. Pemanasan global meningkatkan pengeringan bahan organik di hutan, sehingga meningkatkan risiko kebakaran hutan (Shivanna, 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, kebakaran hutan semakin sering terjadi, khususnya di beberapa negara seperti Amerika Serikat bagian Barat, Eropa Selatan, dan Australia, dan menjadi lebih sering terjadi dan meluas (Shivanna, 2022). Menurut Badan Antariksa Eropa, kebakaran telah mempengaruhi sekitar empat juta km<sup>2</sup> daratan Bumi setiap tahunnya. Kebakaran hutan juga melepaskan sejumlah besar karbon dioksida, karbon monoksida, dan partikel halus ke atmosfer yang menyebabkan polusi udara dan masalah kesehatan. Pada tahun 2021, kebakaran hutan di seluruh dunia, mengeluarkan 1,76 miliar ton karbon (Layanan Pemantauan Atmosfer Copernicus Uni Eropa dalam Shivanna, 2022). Di Australia, lebih dari satu miliar hewan asli dilaporkan telah terbunuh selama kebakaran tahun 2020 dan beberapa spesies serta ekosistem mungkin tidak akan pernah pulih (OXFAM International Tahun 2021 dalam Shivanna, 2022).

Gangguan produktivitas pertanian dan tanaman merupakan salah satu dampak dari pemanasan global dimana banyak penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perubahan iklim menyebabkan meningkatnya kerugian dalam produktivitas tanaman (Zhu et al. dalam Shivanna, 2022). Bras et al dalam Shivanna, 2022 melaporkan bahwa gelombang panas menyebabkan kekeringan dan melipatgandakan kerugian panen selama 50 tahun terakhir, dari – 2,2% (1964–1990) menjadi – 7,3% (1991–2015). Selain hasil panen, perubahan iklim dilaporkan mengakibatkan penurunan nilai gizi biji-bijian (Jagermeyr et al., 2021). Misalnya, meningkatnya CO<sub>2</sub> di atmosfer. Konsentrasi tersebut mengurangi jumlah protein, mineral, dan vitamin dalam beras (Zhu et al dalam Shivanna, 2022). Perubahan iklim juga akan meningkatkan prevalensi hama serangga yang menambah kerugian hasil panen. Pemanasan global juga mempengaruhi produktivitas tanaman melalui dampak terhadap penyerbukan. Serangga penyerbuk berkontribusi terhadap produksi tanaman pada 75% tanaman pangan utama (Rader et al dalam Shivanna, 2022). Perubahan iklim memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penurunan kepadatan dan keanekaragaman tanaman penyerbuk.

Dalam dunia kesehatan, pemanasan global berkontribusi terhadap penurunan kesehatan manusia. Banyak pandemi terjadi di dunia yang berpotensi terkait dengan konsekuensi perubahan iklim seperti pembentukan virus, interaksi inang, dan fungsi virus aktif baru seperti Covid-19 (Weinbauer et al dalam Muhsin et al., 2023). Pemanasan global berkontribusi terhadap perilaku virus, khususnya yang terkait dengan siklus biogeokimia dan produk biologis, yang merupakan hubungan antara tindakan virus atau mikroba (Singh dalam Muhsin et al., 2023). Selain berkontribusi dalam peningkatan perilaku virus, polusi udara yang menyebabkan pemanasan global berdampak terhadap kesehatan masyarakat yang menyebabkan peningkatan morbiditas dan mortalitas (Manosalidis dalam Shivanna, 2022). Partikel, karbon monoksida, nitrogen oksida, dan sulfur dioksida merupakan polutan udara utama. Partikel-partikel tersebut menyebabkan masalah pernapasan seperti asma, bronkiolitis, dan kanker paru-paru.

Pemanasan global berkontribusi besar dalam penurunan keanekaragaman hayati. Peningkatan suhu atmosfer memiliki konsekuensi serius terhadap keanekaragaman hayati dan ekosistem, serta kesejahteraan manusia. Proyeksi Fraction of Remaining Species (FRS) dan Fraction of Remaining Area (FRA) secara keseluruhan menunjukkan penurunan keanekaragaman hayati yang berkelanjutan (Nunez et al., 2019). Hal ini menunjukkan hilangnya kekayaan spesies lokal (rata-rata sebesar 14% pada kenaikan suhu global rata-rata sebesar 2 °C) dan hilangnya area iklim yang sesuai bagi banyak spesies (rata-rata sebesar 35% pada pertambahan temperatur global rata-rata sebesar 2

°C). Hasil ini menunjukkan bahwa banyak spesies akan punah secara lokal dan menghilang dari area tempat mereka berada saat ini. Hilangnya keanekaragaman hayati dapat menurunkan kualitas ekosistem, yang sangat krusial untuk keberlangsungan hidup dan kesejahteraan manusia (Mume et al., 2024) (Ondiko et al., 2022).

Penurunan tersebut akan semakin parah jika suhu rata-rata global melampaui 2 °C. Misalnya, pada peningkatan suhu rata-rata global sebesar 3 °C, kekayaan spesies lokal menurun rata-rata sebesar 17% dan area iklim yang sesuai bagi spesies menurun sebesar 50%. Selain itu, dampak ini diperkirakan tidak hanya akan meningkatkan hilangnya keanekaragaman hayati tetapi juga akan semakin cepat untuk setiap kenaikan satu derajat suhu rata-rata global. Akibatnya, semua penurunan spesies lokal kemungkinan akan menyebabkan kepunahan global (Nunez et al., 2019).

Perubahan iklim akibat pemanasan global menyebabkan keanekaragaman hayati bergerak menuju batas minimum kehidupannya dan berada di tempat yang salah untuk tanaman yang bergantung pada produksi hasil yang lebih sedikit (Pimpalkhute dalam Muhsin et al., 2023). Para ahli menyimpulkan bahwa kepunahan hewan menjadi lebih mengancam jiwa dalam perubahan iklim dan krisis polusi (Singh dalam Muhsin et al., 2023). Satu juta spesies hewan berisiko punah dikarenakan makanan dan minuman menjadi terbatas pada makhluk-makhluk ini karena berhubungan dengan perubahan ekosistem. Dokumen-dokumen terbaru telah merujuk pada tindakan manusia yang menurunkan 97% keanekaragaman hayati global. Hal ini membutuhkan upaya untuk mempertahankan keanekaragaman hayati (Farooq et al. dalam Muhsin et al., 2023).

### 3.3 Upaya Penanggulangan Pemanasan Global

Langkah-langkah awal yang dapat dilakukan mitigasi pemanasan global mencakup berbagai strategi yang bertujuan untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Strategi ini termasuk mitigasi konvensional, teknologi emisi negatif, dan pendekatan *geoengineering* yang inovatif. Strategi mitigasi konvensional adalah pendekatan yang menggunakan metode tradisional dan sudah umum diterapkan untuk meminimalisir emisi gas rumah kaca serta dampak negatif dari pemanasan global. Fokus dalam strategi ini adalah pengurangan emisi gas rumah kaca, khususnya CO<sub>2</sub> dari bahan bakar fosil (Fawzy et al., 2020). Upaya lain dalam mengurangi emisi gas rumah kaca diantaranya pencegahan penggundulan hutan, dan peningkatan tutupan hutan (Shivanna, 2022). Pada strategi mitigasi konvensional diperlukan implementasi kebijakan dan praktik yang mempromosikan efisiensi energi dan sumber energi terbarukan (Moustafa, 2024). Upaya lainnya dalam penanggulangan pemanasan global melalui penggunaan teknologi emisi negatif. Teknologi emisi negatif adalah serangkaian pendekatan dan teknologi yang dirancang untuk menghilangkan CO<sub>2</sub> dari atmosfer, baik secara langsung maupun tidak langsung. Teknologi ini bertujuan untuk menangkap dan menyerap karbon atmosfer untuk menurunkan tingkat CO<sub>2</sub> (Fawzy et al., 2020). Salah satu implementasi dari penggunaan teknologi ini adalah penghijauan dan penyimpanan karbon tanah (Fawzy et al., 2020). Selain itu pendekatan *geoengineering* dapat dilakukan dalam upaya penanggulangan pemanasan global. Upaya ini dilakukan dengan cara penggunaan partikel aerosol untuk meningkatkan albedo bumi yang meniru proses alami untuk memantulkan radiasi matahari (Izrael, 2008) (Wakefield, 2007). Pada dasarnya metode ini masih dalam tahap perkembangan tetapi menawarkan potensi dampak yang signifikan jika diterapkan secara efektif (Fawzy et al., 2020). Contoh pendekatan *geoengineering* adalah penggunaan teknologi drone cat AI untuk pencerahan Bumi, yang dapat membantu mengurangi pemanasan global tahunan dengan memodifikasi permukaan seperti atap dan jalan untuk memantulkan lebih banyak sinar matahari dan mengurangi penyerapan panas (Feinberg, 2024).

Karena perubahan iklim merupakan tantangan global, diperlukan keterlibatan global dalam penanggulangannya. Langkah-langkah mitigasi pada tingkat global sebagian besar berada pada tingkat negosiasi diplomatik yang melibatkan negara-negara dan organisasi internasional, pemerintah, dan beberapa organisasi non pemerintah. Pada tahun 1988, Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP) dan Organisasi Meteorologi Dunia (WMO) membentuk *Panelist* Antar pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) (Shivanna, 2022). Mandatnya termasuk mengusulkan metode adaptasi dan mitigasi serta penilaian ilmiah berkala atas risiko dan implikasi perubahan iklim kepada otoritas politik. Di bawah Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC), Konvensi PBB tentang Perubahan Iklim dibentuk pada tahun 1992 untuk membahas respons global terhadap perubahan iklim. Respon global lainnya yaitu Perjanjian Paris dan Protokol Kyoto yang merupakan dua solusi internasional untuk memerangi pemanasan global yang menekankan pada kolaborasi dan praktik-praktik berkelanjutan (Filonchyk et al., 2024). Protokol Kyoto dan Perjanjian Paris adalah landasan penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Keduanya menekankan pentingnya kerja sama internasional dan adopsi praktik berkelanjutan untuk meminimalisir emisi gas rumah kaca dan memperoleh keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan perlindungan lingkungan. Namun, Perjanjian Paris lebih inklusif dan adaptif, sehingga dianggap sebagai evolusi dari Protokol Kyoto untuk menghadapi tantangan iklim global secara lebih holistik.

#### 4. KESIMPULAN

Pemanasan global merupakan ancaman serius yang berdampak luas pada lingkungan, ekonomi, dan kehidupan manusia. Faktor utama penyebab utama pemanasan global adalah kegiatan manusia meliputi pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan pertanian intensif, yang memperparah jumlah konsentrasi gas rumah kaca seperti karbon dioksida dan metana. Naiknya permukaan air laut, pola cuaca yang tidak dapat diprediksi, kenaikan suhu, berkurangnya keanekaragaman hayati, terganggunya hasil pertanian, dan meningkatnya bahaya bagi kesehatan manusia adalah beberapa dampaknya.

Upaya mitigasi pemanasan global menjadi sangat mendesak. Strategi mitigasi konvensional, seperti efisiensi energi dan penghijauan, berperan penting dalam meminimalisir kadar emisi gas rumah kaca. Selain itu, ada banyak hal yang inovatif ditawarkan untuk menangani pemanasan global secara efektif melalui teknologi emisi negatif, seperti penangkapan karbon dan restorasi lahan, serta pendekatan *geoengineering*.

Kesuksesan mitigasi pemanasan global membutuhkan kerja sama internasional yang melibatkan pemerintah, organisasi global, dan masyarakat. Kesepakatan seperti Protokol Kyoto dan Perjanjian Paris menjadi landasan penting dalam mengarahkan langkah kolektif menuju keberlanjutan. Jika langkah mitigasi tidak segera dilakukan, dampak pemanasan global akan semakin parah, mengancam ekosistem bumi dan kehidupan generasi mendatang. Oleh karena itu, diperlukan aksi yang terintegrasi dan komitmen jangka panjang untuk mengatasi tantangan ini.

Berdasarkan penelitian diatas, beberapa penelitian lanjutan yang dapat dikembangkan sebagai upaya penanggulangan pemanasan global adalah tingkat partisipasi masyarakat dalam upaya mitigasi pemanasan global dan tantangan dalam penyelesaian pemanasan global.

## REFERENCES

- Abduletif, Abdurahman, Mume., Benson, Turyasingura., Eliyas, Abdi., Yusuf, Umer., Lydia, Nema, Amanzi., Agnes, Uwimbabazi., Chilala, Ndeke., Nuwe, John, Bosco., Petros, Chavula. (2024). Impact of Climate Change on the Environment: A Synthesis Study. Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry, doi: 10.9734/ajraf/2024/v10i2288
- Daniel, J., Soeder. (2021). 4. Fossil Fuels and Climate Change. doi: 10.1007/978-3-030-59121-2\_9
- Emmanuel, S., Kolawole., W.I., Okonkwo. (2022). Impacts of Climate Change on Environment and the Remedies. International journal of weather, climate change and conservation research, 8(2):1-9. doi: 10.37745/ijwcccr.15/vol8n219
- Feinberg, A. (2024). Annual Solar Geoengineering: Mitigating Yearly Global Warming Increases. *Climate*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/cli12020026>
- Francisca, Pou, Giménez. (2023). 2. Humans, fire, fossil fuel, and the rise of anthropogenic co2. doi: 10.1093/oso/9780198869412.003.0008
- I., Vinoth, Kanna., S., Roseline., K., Balamurugan., S., Jeeva., I., Augastin, Santhiyagu. (2024). 1. The Effects of Greenhouse Gas Emissions on Global Warming. doi: 10.1016/b978-0-323-93940-9.00216-4
- Jackob, H., Ondiko., Amon, Mwangi, Karanja., Opole, Ombogo. (2022). A Review of the Anthropogenic Effects of Climate Change on the Physical and Social Environment. OAlib, 09(02):1-14. doi: 10.4236/oalib.1107751
- Khaled, Moustafa. (2024). 2. Actions to mitigate climate change. doi: 10.31219/osf.io/cmyeb
- Mikalai, Filonchyk., Michael, P., Peterson., Lifeng, Zhang., Volha, Hurynovich., Yi, He. (2024). 5. Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO2, CH4, and N2O.. Science of The Total Environment, doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.173359
- Mubila, A. M., Suryani, S. A., Pratiwi, L. A., & ... (2024). Analisis Hukum Terkait Pemanasan Global Dan Perubahan Iklim Yang Berdampak Terhadap Kelangsungan Hidup Manusia (Pembahasan Terhadap Regulasi .... .... *Kajian Hukum Dan* ...., 2(1), 22–29. <https://jurnal.kopusindo.com/index.php/jkhkp/article/view/256>
- Muhsin, E. A., Hussain, B. A., Hammadi, A. M., & Khalaf, H. A. (2023). Climate Change and Biodiversity: A Review on Understanding the Global and Local Impacts of Warming on The Ecosystems. *Al-Kufa University Journal for Biology*, 15(2), 10–18. <https://doi.org/10.36320/ajb/v15.i2.11986>
- Nunez, S., Arets, E., Alkemade, R., Verwer, C., & Leemans, R. (2019). Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2 °C enough? *Climatic Change*, 154(3–4), 351–365. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02420-x>
- Patterson, J. (2012). Exploitation of Unconventional Fossil Fuels: Enhanced Greenhouse Gas Emissions. *Greenhouse Gases - Emission, Measurement and Management*. <https://doi.org/10.5772/31975>
- Quratulann, S., Muhammad Ehsan, M., Rabia, E., & Sana, A. (2021). Review on climate change and its effect on wildlife and ecosystem. *Open Journal of Environmental Biology*, 6, 008–014. <https://doi.org/10.17352/ojeb.000021>
- Samer, Fawzy., Ahmed, I., Osman., John, Doran., David, Rooney. (2020). 1. Strategies for mitigation of climate change: a review. Environmental Chemistry Letters, doi: 10.1007/S10311-020-01059-W
- Setiyo, M., & Rochman, M. L. (2023). Literature review: An effective method for identifying science and technology updates. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 3(3 Special issue), 114–118. <https://doi.org/10.31603/mesi.10787>
- Shivanna, K. R. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88(2), 160–171. <https://doi.org/10.1007/s43538-022-00073-6>

Stephen, Roger, Wakefield. (2007). 3. A dust- or particle-based solar shield to counteract global warming.

Yu., A., Izrael. (2008). 4. About modern climate state and suggestions on actions to counteract climate changes. Russian Meteorology and Hydrology, doi: 10.3103/S1068373908100014