



# PERUBAHAN IKLIM

(Bahan Ajar Fisika Berbasis STEM)

Octaviani Mutmainah | Dr. Abdul Hakim, M.Pd. | Hj. Muliati Syam, M.Pd.



# **PERUBAHAN IKLIM**

(BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS STEM)

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Peggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Peggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# PERUBAHAN IKLIM

(BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS STEM)

Octaviani Mutmainah  
Dr. Abdul Hakim, M.Pd.  
Hj. Muliati Syam, M.Pd.



*Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.*

**PERUBAHAN IKLIM (BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS STEM)**

**Octaviani Mutmainah  
Abdul Hakim  
Hj. Muliati Syam**

Desain Cover :  
**Rulie Gunadi**

Sumber :  
www.shutterstock.com

Tata Letak :  
**Zulita A. Sari**

Proofreader :  
**Mira Muarifah**

Ukuran :  
**viii, 96 hlm, Uk: 15.5x23 cm**

ISBN :  
**978-623-02-5271-6**

Cetakan Pertama :  
**Oktober 2022**

Hak Cipta 2022, Pada Penulis

---

Isi diluar tanggung jawab percetakan

---

**Copyright © 2022 by Deepublish Publisher**  
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT DEEPUBLISH**  
**(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman  
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: [www.deepublish.co.id](http://www.deepublish.co.id)

[www.penerbitdeepublish.com](http://www.penerbitdeepublish.com)

E-mail: [cs@deepublish.co.id](mailto:cs@deepublish.co.id)



## KATA PENGANTAR

Penyusunan bahan ajar ini bertujuan agar dapat membantu siswa dalam memahami materi perubahan iklim dan berupaya untuk meningkatkan literasi iklim siswa. Bahan ajar yang disusun mengandung materi yang dikaitkan dengan peristiwa perubahan iklim yang terjadi di Kalimantan Timur, dan diharapkan dapat mendorong siswa agar dapat berperan aktif untuk menggali serta menganalisis permasalahan terkait perubahan iklim serta mampu membuat solusi masa depan terkait perubahan iklim di Kalimantan Timur yang berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan kritik dan saran selama penyusunan bahan ajar ini. Semoga bahan ajar ini dapat bermanfaat serta berkontribusi dalam peningkatan literasi iklim siswa.

Samarinda, April 2022



# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>PETUNJUK PENGGUNAAN BAHAN AJAR .....</b>	<b>1</b>
<b>KOMPETENSI INTI .....</b>	<b>4</b>
<b>PETA KONSEP .....</b>	<b>8</b>
<b>Perubahan Iklim .....</b>	<b>10</b>
A. Penyebab Perubahan Iklim.....	11
B. Dampak Perubahan Iklim .....	21
C. Solusi .....	29
<b>LEMBAR KERJA SISWA.....</b>	<b>49</b>
<b>UJI KOMPETENSI.....</b>	<b>74</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>89</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>94</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>96</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	PLTU Teluk Balikpapan menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utamanya. ....	13
<b>Gambar 1.2</b>	Deforestasi hutan yang terjadi di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. ....	14
<b>Gambar 1.3</b>	Ilustrasi pada efek rumah kaca. ....	16
<b>Gambar 1.4</b>	Arrhenius, ilmuwan yang pertama kali mengangkat isu pemanasan global. ....	18
<b>Gambar 1.5</b>	Atmosfer bumi. ....	18
<b>Gambar 1.6</b>	Laut merupakan bagian dari hidrosfer. ....	19
<b>Gambar 1.7</b>	Lapisan es di Antartika. ....	19
<b>Gambar 1.8</b>	Permukaan tanah. ....	20
<b>Gambar 1.9</b>	Hutan tropis lembap di Kalimantan Timur mampu menstabilkan iklim di dunia dengan cara menyerap karbon dioksida yang ada di atmosfer. ....	20
<b>Gambar 1.10</b>	Dampak perubahan iklim pada bidang pertanian. ....	22
<b>Gambar 1.11</b>	Kebakaran di hutan wilayah Samboja, Kalimantan Timur. ....	23
<b>Gambar 1.12</b>	Dampak perubahan iklim pada bidang kesehatan, salah satunya adalah demam berdarah. ....	23
<b>Gambar 1.13</b>	Jembatan di Kecamatan Mataraman, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan putus akibat banjir. ....	24
<b>Gambar 1.14</b>	Ilustrasi perubahan siklus air, ketika suhu permukaan laut berubah menjadi lebih panas, maka volume uap air dan presipitasi atau curah hujan akan semakin tinggi. ....	25
<b>Gambar 1.15</b>	(a) Simpang Mal Lembuswana menjadi area langganan banjir akibat aliran air tidak lancar menuju	



	hilir di Sungai Karang Mumus; (b) Keadaan banjir di Samarinda yang melumpuhkan aktivitas warga. ....	27
<b>Gambar 1.16</b>	Karst Sangkulirang di Kalimantan Timur. ....	37
<b>Gambar 1.17</b>	Lubang tambang di Kalimantan yang tidak direklamasi. ....	38
<b>Gambar 1.18</b>	Danau Biru di Loa Bakung, Samarinda. ....	39
<b>Gambar 1.19</b>	Sampah makanan yang menumpuk. ....	41



## PETUNJUK PENGGUNAAN BAHAN AJAR

1. Bacalah petunjuk penggunaan buku ini dengan saksama.
2. Pelajari setiap materi yang terdapat pada buku dengan baik.
3. Kerjakan berbagai tugas yang terdapat dalam buku ini dengan jujur, teliti, dan benar.
4. Setelah mempelajari seluruh materi dalam buku, kerjakanlah soal uji kompetensi.
5. Pahami petunjuk berikut:



### Kamu Perlu Tahu!

Berisi mengenai info umum terkait dengan materi perubahan iklim.



### Info Sains

Berisi mengenai info sains terkait dengan materi perubahan iklim agar menambah pengetahuan siswa akan materi tersebut.



### Tindakan

Berisi arahan untuk tindakan yang dapat dilakukan oleh siswa dalam mengurangi dampak perubahan iklim.



### Ayo, Pikirkan!

Berisi permasalahan mengenai perubahan iklim di dunia nyata dan soal yang harus dikerjakan oleh siswa.



### Uji Diri

Berisi soal evaluasi untuk dapat memantapkan pemahaman siswa mengenai materi perubahan iklim.



### Refleksi Diri

Berisi arahan agar siswa dapat merefleksikan sikap yang akan dilakukan setelah mempelajari materi perubahan iklim.



### Rangkuman

Berisi tentang ringkasan materi yang telah dipelajari.



### Uji Kompetensi

Berisi soal untuk mengetahui kemampuan siswa mengenai materi perubahan iklim.



### Glosarium

Berisi tentang penjelasan istilah-istilah asing.



### Daftar Pustaka

Berisi sumber-sumber yang menjadi rujukan materi dalam bahan ajar.

## Scan Me!



### QR Code

Berisi info menarik berupa video yang berhubungan dengan materi perubahan iklim.

### Petunjuk:

1. Instal QR & Barcode Scanner pada *smartphone* Anda. Aplikasi dapat diunduh melalui Google Play Store atau Apple App Store.
2. Pindai QR Code dengan aplikasi yang telah Anda instal.



## MARI KITA MENGENAL APA ITU STEM!



Apakah kalian pernah mendengar istilah STEM?  
Jika pernah, apa itu STEM?

STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan keempat bidang ilmu. Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM dapat menghubungkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari, hal ini dimaksudkan agar siswa dapat berpikir kritis dalam pencapaian solusi untuk masalah tersebut.

Simak penjelasan mengenai komponen STEM yang ada dalam buku ini!

<b><i>Science</i></b> <b>(Sains)</b>	<b><i>Technology</i></b> <b>(Teknologi)</b>	<b><i>Engineering</i></b> <b>(Teknik)</b>	<b><i>Mathematics</i></b> <b>(Matematika)</b>
Penjelasan mengenai materi perubahan iklim dan kemampuan siswa untuk membuat solusi dalam memecahkan masalah terkait.	Kemampuan siswa dalam penggunaan teknologi dan menerapkannya dalam pemecahan masalah.	Kemampuan siswa untuk dapat memberi solusi, desain, dan produk untuk pemecahan masalah dengan memanfaatkan konsep sains, teknologi, dan matematika.	Kemampuan siswa dalam menginterpretasi dan menganalisis solusi berdasarkan perhitungan matematis.



## KOMPETENSI INTI

### KI 1

Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.

### KI 2

Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong-royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

### KI 3

Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.

### KI 4

Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.



## KOMPETENSI INTI & INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
3.12 Menganalisis gejala pemanasan global dan dampaknya bagi kehidupan serta lingkungan	3.12.1 Mengidentifikasi gas rumah kaca yang berperan dalam pemanasan global
	3.12.2 Mengidentifikasi penyebab peningkatan suhu udara yang diakibatkan oleh tindakan manusia
	3.12.3 Menjelaskan penyebab terjadinya pemanasan global
	3.12.4 Menjelaskan penyebab efek rumah kaca yang diakibatkan oleh tindakan manusia
	3.12.5 Memberi contoh tindakan yang dapat mengurangi laju pemanasan global
	3.12.6 Menjelaskan dampak dari pemanasan global
	3.12.7 Menganalisis grafik terkait pemanasan global
	3.12.8 Mengevaluasi informasi terkait pemanasan global
	3.12.9 Menjelaskan penyebab terjadinya perubahan iklim
	3.12.10 Memberi contoh tindakan yang dapat mendorong terjadinya perubahan iklim
	3.12.11 Menjelaskan dampak dari perubahan iklim
	3.12.12 Memberi contoh tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak perubahan iklim
	3.12.13 Mengevaluasi pernyataan terkait tindakan yang dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim



Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
4.12 Mengajukan ide atau gagasan penyelesaian masalah gejala pemanasan global dan dampaknya bagi kehidupan serta lingkungan	4.12.1 Merancang rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem
	4.12.2 Membuat rumah tahan banjir akibat dampak dari perubahan iklim yang ekstrem
	4.12.3 Menguji material yang digunakan dalam pembuatan rumah tahan banjir akibat dampak dari perubahan iklim yang ekstrem
	4.12.4 Membuat tulisan mengenai gagasan adaptasi perubahan iklim
	4.12.5 Mengomunikasikan hasil pembuatan rumah tahan banjir dan tulisan mengenai gagasan penyelesaian masalah perubahan iklim yang ekstrem secara berkelompok

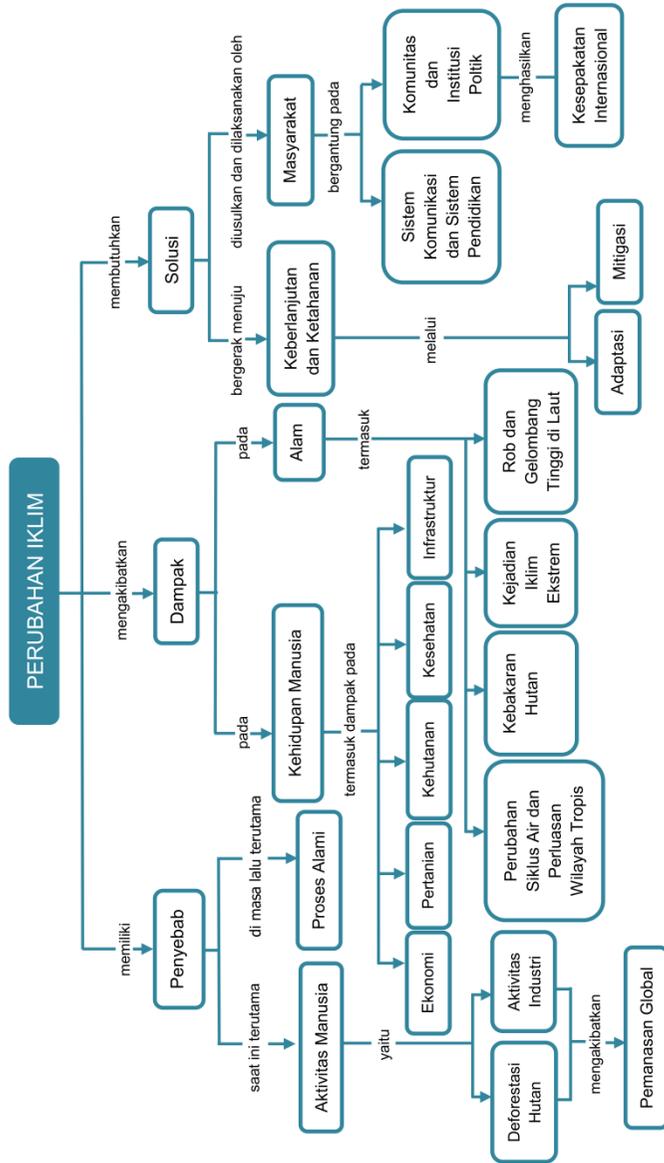


## TUJUAN PEMBELAJARAN

Tujuan pembelajaran yang ingin dicapai yaitu:

1. Siswa dapat mengidentifikasi gas rumah kaca yang berperan dalam pemanasan global dan penyebab peningkatan suhu udara yang diakibatkan oleh tindakan manusia.
2. Siswa dapat menjelaskan penyebab terjadinya pemanasan global dan penyebab efek rumah kaca yang diakibatkan oleh tindakan manusia.
3. Siswa dapat memberi contoh tindakan yang dapat mengurangi laju pemanasan global.
4. Siswa dapat menjelaskan dampak dari pemanasan global.
5. Siswa dapat menganalisis grafik terkait pemanasan global.
6. Siswa dapat mengevaluasi informasi terkait pemanasan global.
7. Siswa dapat menjelaskan penyebab terjadinya perubahan iklim.
8. Siswa dapat memberi contoh tindakan yang dapat mendorong terjadinya perubahan iklim.
9. Siswa dapat menjelaskan dampak dari perubahan iklim.
10. Siswa dapat memberi contoh tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak perubahan iklim.
11. Siswa dapat mengevaluasi pernyataan terkait tindakan yang dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim.
12. Siswa dapat merancang rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem.
13. Siswa dapat membuat rumah tahan banjir dan menguji material yang digunakan dalam pembuatan rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem.
14. Siswa dapat membuat tulisan mengenai gagasan adaptasi perubahan iklim.
15. Siswa dapat mengomunikasikan hasil pembuatan rumah dan tulisan gagasan adaptasi perubahan iklim.

# PETA KONSEP





 <p><b>KATA KUNCI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perubahan Iklim</li><li>• Deforestasi Hutan</li><li>• Aktivitas Industri</li><li>• Pemanasan Global</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kehidupan Manusia</li><li>• Alam</li><li>• Keadaan Iklim Ekstrem</li><li>• Kebakaran Hutan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keberlanjutan dan Ketahanan</li><li>• Adaptasi dan Mitigasi</li><li>• Komunitas</li><li>• Kesepakatan Internasional</li></ul>
--	---	--	---



Sumber: kaltimprov.go.id

## Perubahan Iklim

Pemanasan global menyebabkan perubahan iklim secara global. Dampak perubahan iklim yang terjadi di Indonesia dapat dilihat dari peningkatan intensitas dan frekuensi bencana hidrometeorologi seperti banjir yang terjadi di daerah Samarinda, Kalimantan Timur. Dampak tersebut tentu saja merugikan bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Ada berbagai pemicu yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Agar dapat mengurangi dampak perubahan iklim, dibutuhkan berbagai tindakan adaptasi dan mitigasi. Hal ini dapat dipelajari pada materi berikut.

Pernahkah kamu memperhatikan kondisi cuaca akhir-akhir ini di daerahmu? Siang hari sangat panas namun tiba-tiba turun hujan. Tahukah kamu bahwa telah terjadi pergeseran musim menjadi lebih cepat atau lebih lama dari yang seharusnya? Meningkatnya suhu udara dan pergeseran musim merupakan tanda perubahan iklim yang akan dipelajari berikut ini.

## A. Penyebab Perubahan Iklim

Iklim merupakan kondisi cuaca rata-rata tahunan yang mencakup wilayah yang relatif luas. Iklim suatu tempat diketahui dari data rata-rata cuaca tahunan seperti kelembapan udara, suhu, pola angin dan curah hujan yang cukup lama, yaitu sekitar 10-30 tahun. Variasi yang signifikan secara statistik dari keadaan rata-rata variabilitas iklimnya, biasanya bertahan selama beberapa dekade atau lebih, yang disebut sebagai perubahan iklim.



### Kamu Perlu Tahu!

**Apa perbedaan cuaca, iklim, dan musim? Mari kita simak penjelasan di bawah ini mengenai ketiga perbedaannya!**

#### Cuaca

Cuaca adalah keadaan atmosfer yang terjadi pada waktu dan tempat tertentu. Kurun waktu yang sering digunakan dalam analisis cuaca adalah satu hari sampai satu minggu.

#### Iklim

Iklim adalah pola cuaca jangka panjang di daerah tertentu, biasanya rata-rata selama 30 tahun.

#### Musim

Musim adalah pembagian waktu setahun yang ditandai oleh adanya perbedaan (perubahan) cuaca, ekologi, dan lamanya penyinaran matahari (waktu siang). Musim terjadi karena rotasi Bumi pada porosnya dalam mengelilingi matahari.



### Kamu Perlu Tahu!

Letak astronomis Indonesia terletak di antara 6° LU hingga 11° LS dan 95° BT hingga 141° BT sehingga Indonesia termasuk dalam iklim tropis. Sebagai Benua Maritim, maka iklim di Indonesia dicirikan dengan suhu udara dan kelembapan udara yang tinggi. Iklim Indonesia tergolong unik. Hal itu disebabkan banyak hal, di antaranya yaitu karena Indonesia berada pada daerah tropis dan wilayahnya berbentuk kepulauan. Letaknya yang berada di antara dua samudera (Pasifik dan Hindia) juga ikut mempengaruhi keunikan iklim di Indonesia. Karena itulah Indonesia memiliki tiga jenis pola iklim, yaitu iklim monsunial, iklim ekuatorial, dan iklim lokal.

Sumber: Aldrian *et al.*, 2011

Perubahan iklim bukanlah hal baru. Pada jutaan tahun yang lalu, sebagian wilayah dunia yang dahulunya tertutupi oleh es kini berubah menjadi daratan akibat radiasi matahari atau letusan gunung berapi. Perubahan iklim yang ada saat ini dan akan datang dapat disebabkan bukan hanya oleh peristiwa alam melainkan karena berbagai aktivitas manusia.

## 1. Aktivitas Manusia

Perubahan iklim dapat disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan konversi lahan untuk pertambangan dan perkebunan. Sejak awal revolusi industri, pengaruh manusia terhadap sistem iklim ini telah meningkat. Simak penjelasan berikut.

### a. Aktivitas Industri

Aktivitas industri yang dilakukan oleh manusia berdampak pada lingkungan dan menjadi salah satu pemicu terjadinya perubahan iklim. Hasil dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak, telah meningkatkan konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer, yang merupakan salah satu gas rumah kaca. Efek yang ditimbulkan dari aktivitas manusia sejak revolusi industri adalah efek pemanasan, terutama yang didorong oleh emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan ditingkatkan oleh

emisi gas rumah kaca lainnya. Salah satu aktivitas pembakaran bahan bakar fosil dengan bahan bakar utamanya adalah batu bara, contohnya yaitu pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Teluk Balikpapan Kalimantan Timur.

Penumpukan gas rumah kaca pada atmosfer telah menyebabkan peningkatan efek rumah kaca alami. Peningkatan efek rumah kaca yang disebabkan oleh manusia inilah yang menjadi perhatian karena emisi gas rumah kaca yang berkelanjutan dapat berpotensi menghangatkan bumi pada tingkat yang mengerikan. Perubahan iklim seperti itu, dapat memiliki konsekuensi pada lingkungan, sosial, dan ekonomi yang tidak terduga.



Sumber: kaltim.tribunnews.com

**Gambar 1.1** PLTU Teluk Balikpapan menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utamanya.



### Tindakan

Mulailah beralih dari penggunaan kendaraan pribadi menjadi kendaraan umum, bersepeda, atau berjalan kaki. Hal ini merupakan salah satu langkah sederhana yang dapat kalian lakukan agar dapat mengurangi emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer.



### Info Sains

*Biofuel* mengacu pada bahan bakar yang dihasilkan dari bahan baku nabati yang pertumbuhannya dapat mengimbangi  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan. Bentuk umum dari *biofuel* termasuk biodiesel dan bioetanol. Saat ini produksi *biofuel* di Indonesia masih didominasi oleh biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO), yang dikategorikan sebagai biodiesel generasi pertama. Pengembangan biodiesel dari CPO dapat mendukung upaya Indonesia untuk mewujudkan ketahanan energi nasional, mengurangi konsumsi dan impor bahan bakar fosil, menciptakan nilai tambah dari industri kelapa sawit, dan berkontribusi dalam pengurangan emisi gas rumah kaca di sektor energi. Namun, sektor minyak sawit yang menghasilkan bahan baku untuk produksi biodiesel sering dikaitkan untuk masalah deforestasi, perubahan penggunaan lahan, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Karena itu, identifikasi, inventarisasi, dan penghitungan emisi gas rumah kaca biodiesel dari CPO harus dilakukan untuk memastikan bahwa efek negatif dari produksi biodiesel tidak melebihi kontribusi positif yang dapat diberikan.

### b. Deforestasi Hutan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nicholas *et al.* pada tahun 2021 menyatakan bahwa pembukaan hutan seluas 4.375 km<sup>2</sup> di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, dapat meningkatkan suhu maksimum harian sebesar 0,95°C di atas suhu global yang sudah lebih hangat, antara tahun 2002 dan 2018. Kabupaten Berau mengalami deforestasi sebesar 17%. Kawasan tersebut kehilangan pohon pelindung dan terjadi peningkatan suhu yang dapat mengakibatkan kondisi bekerja di luar ruangan selama 20 menit dalam sehari menjadi tidak aman.

Deforestasi menyebabkan kurangnya kapasitas hutan dalam menyerap karbon di udara karena daerah tutupan pohon yang menurun. Banyak hutan di Kalimantan Timur yang beralih fungsi menjadi lahan perkebunan kelapa sawit dan kawasan tambang. Jika deforestasi terus dilakukan tanpa adanya reboisasi, dapat menyebabkan bencana alam seperti banjir ataupun longsor.

Terjadinya peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia merupakan gejala dari pemanasan global. Pemanasan global dapat memicu perubahan iklim di bumi, yang mana perubahan iklim adalah suatu keadaan di mana pola iklim dunia berubah. Suatu daerah mengalami pemanasan, tetapi daerah lain mengalami pendinginan yang tidak wajar. Akibat kacaunya arus dingin dan



Sumber: headtopics.com

**Gambar 1.2** Deforestasi hutan yang terjadi di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur.



### Kamu Perlu Tahu!

Kalimantan Timur memiliki tipe hutan hujan tropis lembap. Hutan tropis lembap disebut sebagai paru-paru dunia karena menghasilkan hampir 40% oksigen yang ada di Bumi. Hutan ini juga merupakan penyimpan cadangan karbon dunia. Satu pohon besar dapat menghasilkan oksigen bagi seseorang selama satu tahun.

Sumber: Subagiyo *et al.*, 2019

panas ini, menyebabkan fenomena cuaca menjadi tidak teratur, termasuk curah hujan yang tidak menentu, aliran panas dan dingin yang ekstrem, serta arah angin yang berubah drastis sehingga memicu pergeseran musim, kemarau yang panjang, hujan terus-menerus, dan lebih sering terjadi badai. Pemanasan global ditandai dengan efek rumah kaca dan penipisan lapisan ozon. Berikut akan kita pelajari mengenai tanda pemanasan global sebagai berikut.

### c. Efek Rumah Kaca

Sumber energi yang terdapat di bumi berasal dari matahari. Sebagian besar energi tersebut berbentuk radiasi gelombang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika sampai di permukaan bumi, energi matahari berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan bumi. Karena bumi jauh lebih dingin daripada matahari, bumi memancarkan sinar pada panjang gelombang yang lebih panjang, terutama pada bagian spektrum inframerah.

Permukaan bumi akan menyerap sebagian panas yang datang dan memantulkan kembali panas tersebut ke atmosfer, lalu panas tersebut akan diserap oleh gas tertentu yang ada di atmosfer yang dikenal sebagai gas rumah kaca. Hal inilah yang disebut efek rumah kaca. Efek rumah kaca inilah yang menyebabkan suhu bumi relatif hangat dengan rata-rata  $14^{\circ}\text{C}$  dan membuat bumi nyaman untuk dihuni. Tanpa efek rumah kaca, suhu bumi hanya sekitar  $-19^{\circ}\text{C}$ .

Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer akan menyebabkan panas yang terperangkap di bumi semakin banyak. Apabila gas rumah kaca telah berlebihan di atmosfer, maka akan mengakibatkan pemanasan global. Kenyataannya, gas rumah kaca muncul secara alami, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia. Para ilmuwan menyatakan ada lima gas rumah kaca yang penting, yaitu uap air, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dan gas lainnya seperti klorofluorokarbon (CFC). Gas rumah kaca yang paling penting adalah uap air, tetapi jumlahnya di atmosfer yang lebih rendah tidak

Scan Me!

Efek Rumah Kaca



Sumber: <https://youtu.be/rRnH7DfJtEE>

berubah secara langsung karena aktivitas manusia. Gas rumah kaca yang secara langsung dipengaruhi oleh aktivitas manusia adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dan klorofluorokarbon (CFC). Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) adalah gas rumah kaca terpenting yang meningkat konsentrasinya di atmosfer karena aktivitas manusia. Peningkatan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) telah berkontribusi sekitar 74% dari peningkatan efek rumah kaca hingga saat ini, metana ( $\text{CH}_4$ ) sekitar 19% dan dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sekitar 7%. Sebagai gas rumah kaca, karbon dioksida dan metana bertambah jumlahnya di atmosfer dikarenakan aktivitas manusia. Selain itu, proses umpan balik yang terjadi di biosfer dapat mempengaruhi laju peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

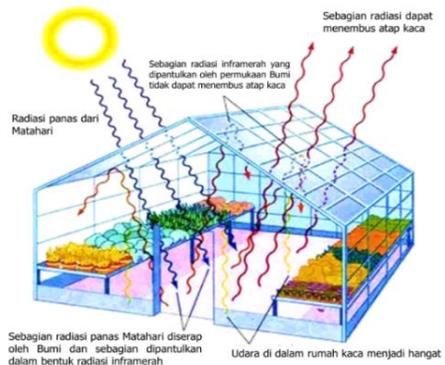


### Info Sains

Seperti namanya, proses efek rumah kaca mengikuti cara kerja sebuah rumah kaca. Rumah kaca merupakan sebuah bangunan yang terdiri dari tembok dan atap yang terbuat dari kaca. Rumah kaca ini digunakan untuk menumbuhkan tanaman dan bebunga tropis. Pada rumah kaca, radiasi matahari melewati kaca dan diserap oleh tanaman serta tanah yang ada di dalamnya. Radiasi termal yang dipancarkan oleh tanaman dan tanah, diserap oleh kaca yang memancarkan kembali sebagian panas tersebut ke dalam rumah kaca, dengan demikian, kaca bertindak sebagai 'selimut radiasi' yang membantu menjaga rumah kaca tetap hangat.

Proses dari efek rumah kaca bekerja serupa. Gas-gas yang ada di atmosfer seperti karbon dioksida memerangkap panas matahari seperti kaca pada rumah kaca. Panas yang terperangkap di atmosfer inilah yang membuat suhu Bumi tetap nyaman dan hangat pada malam hari.

Sumber: Houghton, 2015



Sumber: dirgantara-lapan.or.id

**Gambar 1.3** Ilustrasi pada efek rumah kaca.

#### d. Penipisan Lapisan Ozon

Ozon merupakan salah satu dari gas penyusun atmosfer. Secara alami konsentrasi gas ozon terbesar di atmosfer terdapat pada lapisan stratosfer yang berfungsi menyerap sinar ultraviolet dari radiasi matahari, sehingga intensitasnya di bumi rendah. Penipisan lapisan pada ozon merupakan suatu wujud dari kerusakan lapisan ozon. Lapisan ozon yang menipis akan mudah berlubang. Penipisan lapisan ozon tidak disebabkan oleh waktu, namun disebabkan oleh berbagai gas yang dapat menyebabkan penipisan pada lapisan ozon tersebut. Salah satu gas yang menyebabkan terjadinya penipisan pada lapisan ozon adalah klorofluorokarbon (CFC) atau freon yang biasa digunakan pada lemari es, dan pendingin ruangan (AC). Meskipun penggunaan CFC dibatasi, jumlah yang ada dalam atmosfer masih cukup besar dan perlu waktu yang sangat lama untuk diserap oleh stratosfer. Penipisan lapisan ozon di stratosfer akibat kerusakan ozon menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Pengaruh penipisan ozon menimbulkan intensitas sinar ultraviolet dari radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi menjadi lebih besar. Bila intensitas sinar ultraviolet di permukaan bumi menjadi lebih besar, dapat menimbulkan penyakit pada manusia dan hewan serta mengganggu metabolisme tumbuhan. Kerusakan tanaman, terutama daun menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis yang berdampak pada pertumbuhan dan hasil tanaman.



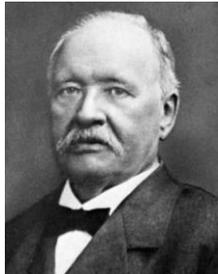
#### Tindakan

Langkah sederhana yang dapat kalian lakukan untuk mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer terutama pada gas klorofluorokarbon (CFC) adalah dengan menggunakan teknologi secara bijak, yaitu:

- Mematikan AC jika suhu udara sedang tidak panas
- Menutup pintu serta jendela saat AC menyala
- Menutup pintu kulkas dengan rapat agar tidak boros energi
- Mengurangi penggunaan produk yang mengandung klorofluorokarbon (CFC) dengan menggunakan produk yang ramah lingkungan



## Info Sains



Sumber: britannica.com

**Gambar 1.4** Arrhenius, ilmuwan yang pertama kali mengangkat isu pemanasan global.

### Svante August Arrhenius

Isu pemanasan global pertama kali diangkat oleh ilmuwan asal Swedia bernama Svante August Arrhenius (1859–1927). Pada tahun 1896, Arrhenius mengangkat isu pemanasan global dalam tulisan ilmiahnya di *Philosophical Magazine and Journal of Science*. Arrhenius menyatakan ada indikasi kuat dari peningkatan gas buang CO<sub>2</sub> menuju pemanasan Bumi. Gas buang tersebut terutama dihasilkan dari konsumsi energi dan proses industri di pabrik.

## 2. Peran Alami

Perubahan iklim juga dipengaruhi dari sistem iklim dan peran alami dari bumi. Sistem iklim merupakan sistem interaksi kompleks yang terdiri dari lima komponen utama yaitu atmosfer, hidrosfer, kriosfer, permukaan tanah, dan biosfer yang dipengaruhi oleh matahari.

Atmosfer bumi terdiri dari nitrogen, oksigen, dan argon. Gas-gas ini hanya memiliki interaksi terbatas dengan radiasi matahari yang masuk dan tidak berinteraksi dengan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh bumi. Namun ada sejumlah jejak gas, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O)

yang menyerap dan memancarkan radiasi inframerah. Atmosfer juga mengandung uap air yang juga merupakan gas rumah kaca alami. Selain gas-gas tersebut, atmosfer juga mengandung partikel zat padat dan cair



Sumber: livescience.com

**Gambar 1.5** Atmosfer bumi.

(aerosol) yang membentuk awan serta berinteraksi dengan radiasi yang masuk secara kompleks dan bervariasi secara spasial.

Hidrosfer adalah komponen yang terdiri dari semua permukaan air, termasuk air bawah tanah, air tawar yaitu sungai, danau serta air asin dari laut. Aliran air tawar dari daratan yang kembali ke lautan melalui sungai, mempengaruhi komposisi dan sirkulasi laut. Lautan menutupi sekitar 70% dari permukaan bumi, dan berfungsi sebagai pengatur suhu iklim bumi serta sebagai sumber variabilitas iklim alami, khususnya pada skala waktu yang lebih panjang.



Sumber: pribadi

**Gambar 1.6** Laut merupakan bagian dari hidrosfer.

Kriosfer termasuk lapisan es yang ada di Greenland dan Antartika, ladang salju, serta es laut dan lapisan es. Kriosfer memiliki arti yang penting bagi sistem iklim dari reflektifitasnya yang tinggi (albedo) untuk radiasi matahari. Selain tingginya albedo permukaan es serta salju, keterlambatan energi tahunan dan siklus air karena salju musiman serta lapisan es, volume air yang tersimpan di lapisan es dan gletser, gas rumah kaca yang terkunci di lapisan es juga merupakan faktor utama. Melalui faktor-faktor ini dan yang terkait dengan proses umpan balik, kriosfer memiliki peran penting dalam hidrologi dan iklim. Mengamati dan memodelkan hal ini secara akurat, sangat penting agar dapat mengurangi ketidakpastian dalam prediksi serta proyeksi cuaca, hidrologi, dan perubahan iklim.



Sumber: nasa.gov

**Gambar 1.7** Lapisan es di Antartika.

Vegetasi dan tanah yang ada di permukaan tanah mengontrol bagaimana energi yang diterima dari matahari dikembalikan ke atmosfer. Beberapa dikembalikan sebagai radiasi gelombang panjang (inframerah), dan memanaskan atmosfer saat permukaan tanah menghangat. Ada beberapa yang berfungsi untuk menguapkan air, baik di dalam tanah atau di daun, dan membawa air kembali ke atmosfer. Karena penguapan kelembapan tanah membutuhkan energi, kelembapan tanah memiliki pengaruh yang kuat terhadap suhu permukaan. Tekstur permukaan tanah mempengaruhi atmosfer secara dinamis saat angin bertiup di atas permukaan tanah. Angin juga meniupkan debu dari permukaan ke atmosfer, yang berinteraksi dengan radiasi atmosfer.



Sumber: cnnindonesia.com

**Gambar 1.8** Permukaan tanah.

Biosfer laut dan darat memiliki dampak besar pada komposisi atmosfer. Biota dapat mempengaruhi penyerapan dan pelepasan gas rumah kaca. Melalui proses fotosintesis, tumbuhan laut dan darat (terutama hutan) menyimpan sejumlah besar karbon dari karbon dioksida. Dengan demikian, biosfer memiliki peran penting dalam siklus karbon, serta gas lainnya, seperti metana dan dinitrogen oksida.



Sumber: forestsnews.cifor.org

**Gambar 1.9** Hutan tropis lembap di Kalimantan Timur mampu menstabilkan iklim di dunia dengan cara menyerap karbon dioksida yang ada di atmosfer.

Iklim di bumi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor alam yang berada di luar sistem iklim, seperti perubahan aktivitas gunung berapi, radiasi matahari, dan orbit bumi yang mengelilingi matahari. Dua faktor yang relevan pada skala waktu perubahan iklim masa kini adalah perubahan aktivitas gunung berapi dan perubahan radiasi matahari. Dalam hal keseimbangan energi bumi, dua faktor tersebut mempengaruhi

jumlah energi yang masuk. Letusan gunung berapi bersifat jarang dan memiliki efek jangka pendek terhadap iklim. Perubahan radiasi matahari telah berkontribusi untuk perubahan iklim selama beberapa abad terakhir, tetapi sejak revolusi industri, efek penambahan gas rumah kaca ke atmosfer lebih dari 50 kali lipat dari perubahan radiasi matahari.



### Kamu Perlu Tahu!

Hutan tropis lembap yang ada di Kalimantan timur tidak hanya berfungsi sebagai penyuplai oksigen namun juga sebagai pengendali iklim mikro dan melindungi tumbuhan endemik Kalimantan, serta tanaman obat asli Kalimantan.

Sumber: Subagiyo *et al.*, 2019



### Uji Diri

1. Jelaskan apa saja pemicu yang dapat mengakibatkan perubahan iklim?
2. Sebutkan lima contoh gas rumah kaca!
3. Mengapa gas rumah kaca dapat menaikkan suhu rata-rata bumi?

## B. Dampak Perubahan Iklim

Dampak perubahan iklim merupakan suatu hal yang mengkhawatirkan bagi seluruh masyarakat yang ada di dunia, termasuk di Negara Indonesia. Dampak perubahan iklim ini dapat mengancam seluruh aspek kehidupan manusia serta alam. Berikut penjelasannya.

### 1. Kehidupan Manusia

Dampak perubahan iklim juga mengancam berbagai sektor kehidupan manusia, yaitu pada sektor ekonomi, pertanian, kehutanan, kesehatan, dan infrastruktur. Berikut penjelasannya.

#### a. Ekonomi

Pengaruh perubahan iklim terhadap perekonomian dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Perubahan tersebut dapat dikatakan

langsung apabila aktivitas tersebut bergantung pada iklim seperti pada cuaca dan curah hujan. Pada pengaruh tidak langsung dapat diakibatkan oleh bencana alam yang pada akhirnya dapat melumpuhkan perekonomian.

Contoh pengaruh langsung perubahan iklim tersebut yaitu pada sektor pertanian. Banyak sekali petani yang mengeluh karena musim tanam dan musim panen sulit diprediksi, terkadang musim kemarau lebih panjang ataupun musim hujan yang melewati batas normal menyebabkan kegagalan dalam panen. Selain itu, nelayan pun terkena dampaknya, akibat suhu panas, ikan-ikan mencari habitat yang lebih dalam dengan keadaan suhu yang lebih dingin dibandingkan di tepi laut, hal ini tentu menyebabkan para nelayan harus mengeluarkan uang lebih banyak untuk biaya berlayar. Selain meningkatkan biaya produksi, jika hal ini terjadi terus-menerus maka akan berdampak terhadap kenaikan harga komoditas.

Contoh pengaruh perubahan iklim secara tidak langsung terhadap perekonomian yaitu seperti adanya bencana alam. Misalnya curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan banjir, hal tersebut dapat berdampak buruk bahkan dapat menghancurkan jika dalam skala yang besar, dengan adanya bencana tersebut, secara otomatis kegiatan perekonomian tertunda.

#### **b. Pertanian**

- Pergeseran musim hujan dan kemarau dapat mempengaruhi pola masa tanam dan perubahan pola tanam.
- Perubahan pola hujan, khususnya kekeringan dan banjir, dapat menyebabkan gagal panen, pembuahan, dan penyerbukan.
- Perubahan suhu yang terjadi dapat menyebabkan peningkatan serangan hama penyakit atau Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).



Sumber: ditjenppi.menlhk.go.id

**Gambar 1.10** Dampak perubahan iklim pada bidang pertanian.

- Perubahan pola angin dapat menyebabkan penyebaran hama, terganggunya penyerbukan dan pembuahan.
- Perubahan kelembapan dapat menyebabkan peningkatan OPT.
- Peningkatan tinggi muka laut dapat menyebabkan masuknya air asin ke areal persawahan di wilayah pesisir.

### c. Kehutanan

- Peningkatan suhu dan perubahan pola hujan, seperti kemarau panjang, dapat menyebabkan peningkatan pada risiko kebakaran hutan serta lahan dan mengancam ketersediaan air.
- Perubahan biodiversitas dapat terjadi dikarenakan perubahan suhu dan pola curah hujan akibat iklim ekstrem, di lain sisi, terjadinya kemarau basah dapat menguntungkan karena hal ini dapat mempercepat penghijauan di sektor kehutanan.



Sumber: mongabay.co.id

**Gambar 1.11** Kebakaran di hutan wilayah Samboja, Kalimantan Timur.

### d. Kesehatan

- Kasus demam berdarah dan malaria meningkat. Peningkatan kasus ini disebabkan oleh naiknya suhu daratan pada masa transisi antarmusim. Saluran air banyak yang tersumbat sehingga air buangan tidak dapat mengalir. Kasus ini meningkat lebih tinggi pada masa peralihan dari musim hujan ke kemarau dibandingkan masa peralihan dari musim kemarau ke hujan



Sumber: ditjenppi.menlhk.go.id

**Gambar 1.12** Dampak perubahan iklim pada bidang kesehatan, salah satunya adalah demam berdarah.

- Ancaman diare sepanjang tahun. Perubahan musim seperti berlebihan aliran air di permukaan mengancam penyebaran penyakit menular melalui air. Musim hujan yang berkepanjangan tersebut menyebabkan terjadinya epidemi diare sepanjang tahun.
- Peningkatan kasus kebakaran hutan akibat kekeringan yang berlanjut akan mengakibatkan penyakit pernapasan seperti Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA). Pada musim kemarau, aliran udara bergerak secara horizontal dan tidak ada daya angkat seperti pada musim penghujan. Akibatnya, debu partikulat dari asap kebakaran hutan tersebut menumpuk di permukaan dan menimbulkan kepekatan sehingga rawan terhadap penyakit ISPA.

#### e. **Infrastruktur**

- Peningkatan suhu yang ekstrem dapat mempengaruhi tingginya muka air laut yang lambat laun akan mempengaruhi infrastruktur di wilayah pesisir. Contohnya yaitu pertambahan ikan dan udang di daerah pesisir, akan tergenang air akibat tingginya kenaikan muka air laut.
- Kerusakan pada infrastruktur berkaitan dengan perubahan curah hujan, terutama pada peningkatan cuaca ekstrem. Struktur bangunan, terutama untuk kapasitas dan daya maksimum beban, dapat terkena dampak ketika limpahan curah hujannya sangat tinggi. Perubahan pola curah hujan tersebut mempengaruhi kekuatan struktur dalam jangka panjang. Kerusakan yang terjadi seringkali tidak terasa dalam jangka pendek tetapi lambat laun akan terasa nyata. Salah satu akibat curah hujan yang ekstrem yang berpengaruh terhadap infrastruktur adalah badai dan banjir.



Sumber: mediaindonesia.com

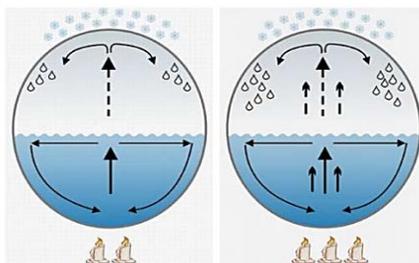
**Gambar 1.13** Jembatan di Kecamatan Mataraman, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan putus akibat banjir.

## 2. Alam

Dampak perubahan iklim tidak hanya berdampak pada sektor kehidupan manusia namun juga berpengaruh terhadap alam. Berikut dampak perubahan iklim terhadap alam sebagai berikut.

### a. Perubahan Siklus Air dan Perluasan Wilayah Tropis

Kondisi bumi yang semakin panas dapat menyebabkan terjadinya perubahan siklus air, baik di laut maupun atmosfer. Memanasnya permukaan laut di daerah tropis menyebabkan evaporasi meningkat, selain itu terjadi peningkatan volume air dalam pembentukan awan. Akibatnya, terjadi curah hujan dengan intensitas yang lebih tinggi. Semakin kuat penguapan, sirkulasi arus laut juga meningkat. Beberapa dampak dari proses ini adalah lapisan troposfer di daerah tropis akan meningkat, termasuk daerah dengan suhu di atas  $0^{\circ}\text{C}$  naik menjadi lebih tinggi. Peningkatan penguapan yang tinggi akan menyebabkan daerah tropis menjadi jenuh. Akibatnya, wilayah tropis semakin meluas dan dapat menciptakan wilayah tropis baru di daerah subtropis. Konsekuensi logisnya, terjadi perubahan ketahanan dari berbagai produk pertanian khas tropis. Selain itu, hama dan penyakit tanaman yang selama ini hanya menyerang di daerah tropis akan menjalar ke daerah tropis yang baru terbentuk tersebut (subtropis). Dampak lain dari percepatan dan peningkatan intensitas siklus air adalah adanya penguatan sumber



Sumber: Aldrian *et al.*, 2011

**Gambar 1.14** Ilustrasi perubahan siklus air, ketika suhu permukaan laut berubah menjadi lebih panas, maka volume uap air dan presipitasi atau curah hujan akan semakin tinggi.



### Kamu Perlu Tahu!

Siklon tropis merupakan badai dengan kekuatan yang besar. Radius rata-rata siklon tropis mencapai 150 hingga 200 km. Angin kencang yang berputar di dekat pusatnya mempunyai kecepatan angin lebih dari 63 km/jam.

fenomena cuaca. Artinya, daerah yang memiliki potensi basah akan semakin lebih basah. Sebaliknya, wilayah yang berpotensi kering akan menjadi lebih kering.

Penguatan sumber fenomena cuaca ini berkaitan dengan meningkatnya besaran energi di atmosfer. Beberapa contoh kasus yang berhubungan dengan hal ini adalah peningkatan intensitas siklon tropis dan berbagai jenis cuaca ekstrem lainnya. Peningkatan sumber energi di atmosfer menyebabkan siklon tropis memiliki ekor yang jauh lebih kuat dan lebih panjang. Akibatnya, ada wilayah di Indonesia yang terkena ekor siklon kuat sehingga menyebabkan hujan deras dan banjir. Sedangkan di wilayah lain akan kering karena sumber uap air tertarik ke wilayah ekor siklon. Pada dasarnya, Indonesia bukanlah wilayah yang dilewati siklon. Siklon hanya melintas pada daerah di atas lintang 10 derajat. Namun demikian, ekor siklon tersebut dapat mencapai wilayah Indonesia. Ketika terjadi siklon yang kuat, maka ekor siklon tersebut semakin panjang menerjang wilayah Indonesia.

#### **b. Kebakaran Hutan**

Meningkatnya kekeringan memicu kasus kebakaran hutan meskipun hampir seluruh kasus kebakaran hutan lebih disebabkan oleh berbagai faktor manusia. Kebakaran hutan meningkat tajam apabila terjadi pada hari tanpa hujan di atas seminggu. Pada tahun terjadinya El Nino, kasus kebakaran lahan dan hutan meningkat dengan tajam, dan sebaliknya, pada tahun terjadinya La Nina atau kemarau basah, kebakaran hutan menurun.



#### **Kamu Perlu Tahu!**

**El Nino** bisa diartikan sebagai fenomena naiknya suhu permukaan laut Samudera Pasifik di atas normal yang menyebabkan wilayah Indonesia dilanda kekeringan dan mengalami musim kemarau.

**La Nina** merupakan fenomena alam yang menyebabkan udara terasa lebih dingin atau mengalami curah hujan yang lebih tinggi. La Nina menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya musim hujan di Indonesia, selain angin muson.

### c. Kejadian Iklim Ekstrem (Banjir dan Kekeringan)

Secara geografis, posisi Indonesia yang terletak di antara dua samudera (Pasifik dan Hindia) sangat rawan terhadap kejadian iklim ekstrem berupa banjir dan kekeringan. Apalagi dengan adanya perubahan iklim, El Nino akan menyebabkan kekeringan di Indonesia, terutama wilayah yang mempunyai pola curah hujan dengan tipe monsun.



#### Kamu Perlu Tahu!

### Banjir Samarinda

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman *et al.* pada tahun 2020, banjir di Kota Samarinda terjadi akibat berlebihnya limpasan permukaan dan tidak tertampungnya limpasan tersebut dalam badan sungai sehingga air meluap. Ada dua faktor utama penyebab banjir, yaitu faktor alami dan faktor manusia. Faktor alam seperti tingginya curah hujan, topografi wilayah, pasang surut air Sungai Mahakam, dan lain-lain. Faktor manusia utamanya bersumber pada unsur pertumbuhan penduduk yang diikuti peningkatan kebutuhan infrastruktur, pemukiman, sarana air bersih, pendidikan, serta layanan masyarakat lainnya. Kebutuhan akan lahan usaha maupun penyediaan lahan untuk infrastruktur tentu mempengaruhi tata guna lahan, dan berdampak pada menurunnya potensi serapan air ke dalam tanah. Pertumbuhan penduduk akan meningkatkan produksi sampah, apabila pengelolaan sampah tidak baik, maka dapat menimbulkan masalah. Salah satu contohnya adalah penyumbatan di saluran drainase dan penyumbatan pada aliran sungai.



Sumber: kaltimpost.jawapos.com

(a)



Sumber: mongabay.co.id

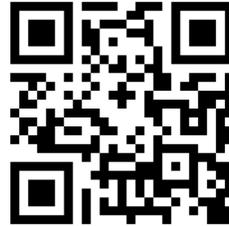
(b)

**Gambar 1.15** (a) Simping Mal Lembuswana menjadi area langganan banjir akibat aliran air tidak lancar menuju hilir di Sungai Karang Mumus; (b) Keadaan banjir di Samarinda yang melumpuhkan aktivitas warga.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mencatat bahwa kebakaran hutan di Kalimantan dan Sumatera akibat kemarau panjang terjadi pada tahun-tahun terjadinya peristiwa El Nino, yaitu pada tahun 1997, 2002, 2004, dan 2006. Hutan gambut di Kalimantan misalnya, secara alami mudah terbakar ketika kemarau panjang melanda kawasan tersebut. Pada saat El Nino kekeringan, hal ini juga mengancam daerah pertanian di berbagai wilayah di Indonesia. Sementara itu, ketika terjadi La Nina, curah hujan di Indonesia meningkat pada saat musim kemarau. Fenomena tersebut juga menyebabkan awal musim hujan bergeser maju.

### Scan Me!

Kebakaran hutan dan lahan menghanguskan 1 hektare lahan gambut di Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur



Sumber: <https://youtu.be/4ihOSyVKPAo>

#### d. Rob dan Gelombang Tinggi di Laut

Rob merupakan gejala naiknya muka air laut di daerah pesisir akibat pasang laut. Peristiwa ini lebih disebabkan oleh perubahan struktur fisik muka tanah di wilayah pesisir yang menyebabkan intrusi air laut ke daerah pesisir. Selain rob, juga terjadi gelombang tinggi di laut akibat cuaca ekstrem yang meningkat. Gelombang yang tinggi berhubungan dengan kuatnya tiupan angin kencang akibat peristiwa pembentukan awan hujan yang kuat. Gelombang tinggi yang sering terjadi pada musim pancaroba dan puncak musim hujan seringkali menimbulkan kecelakaan pada transportasi laut. Selain itu, nelayan juga tidak berani melaut dan menangkap ikan ketika terjadi gelombang tinggi. Dampak lainnya yaitu, naiknya permukaan laut

### Scan Me!

Banjir rob di Kecamatan Bengalon, Kalimantan Timur



Sumber: <https://youtu.be/BWzUQWhiKvg>

dapat menggenangi wilayah pesisir sehingga akan menghancurkan pertambakan ikan dan udang di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.



### Kamu perlu tahu!

Kenaikan temperatur akibat pemanasan global dapat menyebabkan es dan gletser di Kutub Utara dan Selatan mencair. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya peristiwa kenaikan permukaan air laut. Hal ini membawa banyak perubahan bagi kehidupan di bawah laut, seperti pemutihan terumbu karang dan punahnya berbagai jenis ikan dan akan menyebabkan penurunan produksi tambak ikan dan udang serta mengancam kehidupan masyarakat pesisir pantai. Kenaikan muka air laut juga akan merusak ekosistem hutan bakau, serta mengubah sifat biofisik dan biokimia di zona pesisir.



### Uji Diri

1. Perubahan iklim berdampak pada setiap aspek kehidupan manusia, salah satunya adalah sektor kesehatan. Mengapa perubahan iklim dapat meningkatkan terjangkitnya berbagai penyakit?
2. Apa saja dampak yang ditimbulkan dari perubahan siklus air dan perluasan wilayah tropis?

## C. Solusi

Solusi diperlukan sebagai upaya dalam menghadapi dampak dari perubahan iklim yang sedang terjadi. Solusi ini diarahkan agar dapat bergerak menuju ketahanan dan keberlanjutan dalam bentuk tindakan adaptasi serta mitigasi. Tindakan adaptasi adalah upaya untuk mengatasi dampak perubahan iklim sehingga mampu untuk mengurangi dampak negatif dan dapat mengambil manfaat positifnya. Dalam pengertian lain,

adaptasi adalah upaya untuk mengelola hal yang tidak dapat dihindari. Tindakan mitigasi adalah upaya untuk dapat mengatasi penyebab perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan gas rumah kaca dari berbagai sumber emisi. Pengertian lain mitigasi adalah suatu upaya untuk dapat menghindari hal yang tidak dapat dikelola. Dalam hal ini upaya perubahan dilakukan pada sumber penyebab pemanasan global.

Selain tindakan adaptasi dan mitigasi, diperlukan partisipasi masyarakat agar dapat menjalankan solusi yang sudah dirancang. Simak penjelasan berikut.

## **1. Ketahanan dan Keberlanjutan**

Ketahanan iklim adalah tindakan antisipasi yang terencana ataupun spontan agar dapat mengurangi nilai potensi kerugian akibat ancaman bahaya, kerentanan, dampak, serta risiko perubahan iklim terhadap kehidupan masyarakat di wilayah terdampak perubahan iklim. Dalam konteks ekologi, keberlanjutan dapat diartikan sebagai sistem biologis yang tetap mampu untuk dapat menghidupi keanekaragaman hayati yang ada serta produktivitas tanpa batas. Hal tersebut dapat dicapai bila manusia tidak memanfaatkan dan mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan sehingga dapat menimbulkan kerusakan ekologis atau mengganggu keseimbangan ekologi. Dalam menghadapi dampak dari perubahan iklim diperlukan tindakan adaptasi dan mitigasi yang mengarah menuju ketahanan dan keberlanjutan. Berikut tindakan adaptasi dan mitigasi di daerah Kalimantan Timur.

### **a. Adaptasi**

Agenda adaptasi perubahan iklim di Kalimantan Timur difokuskan pada area yang rentan terhadap perubahan iklim, yakni sumber daya air, pertanian, pesisir, laut, serta perikanan, infrastruktur serta pemukiman, dan kesehatan.

#### **1) Sektor Sumber Daya Air**

Perubahan iklim akan mengakibatkan kekeringan bertambah parah, air tanah akan semakin berkurang, serta kenaikan air laut akan memicu intrusi air laut ke daratan sehingga dapat mencemari kualitas sumber air untuk keperluan air bersih dan irigasi.

Agar dapat memperkuat program dan solusi yang telah ada sehingga menjadi tahan terhadap perubahan iklim yang terjadi, strategi yang perlu diimplementasikan antara lain:

- a) Keberlanjutan ketersediaan air baku dan air minum dengan memperkirakan dampak kenaikan muka air laut dan kekeringan, disertai dengan berbagai upaya penanganannya.
- b) Pengelolaan pada tempat penyimpan atau penyerapan air tanah.
- c) Pengelolaan kawasan rawa dan gambut.



## Tindakan

Langkah sederhana yang dapat kalian lakukan untuk menjaga kelestarian air dari rumah yaitu:

- Menggunakan air dengan hemat
- Membuang sampah pada tempatnya, bukan di selokan maupun sungai
- Mengecek saluran air dengan rutin
- Mengurangi penggunaan bahan kimia



## Kamu Perlu Tahu!

Penelitian menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di Kalimantan tergolong **air tercemar sedang** berdasarkan pada indeks pencemaran. Kondisi tersebut terjadi karena didorong oleh laju pertumbuhan penduduk, perusakan hutan, dan meningkatnya aktivitas pertambangan di Kalimantan.

Sumber: Subagiyo *et al.*, 2019

## 2) Sektor Pertanian

Dampak dari kejadian iklim ekstrem yang dipengaruhi oleh perubahan iklim mengakibatkan gagal panen, terutama pada saat kekeringan dan banjir. Dengan meningkatnya ancaman dari perubahan iklim, beberapa strategi yang perlu diimplementasikan

untuk memperkuat ketahanan sektor pertanian terhadap perubahan iklim antara lain:

- a) Pengembangan sistem data dan informasi.
- b) Penguatan manajemen usaha tani dan kelembagaan tani.
- c) Perbaikan manajemen sarana dan prasarana pendukung pertanian.

### **3) Sektor Kelautan, Pesisir, dan Perikanan**

Kenaikan permukaan air laut satu meter saja dapat menenggelamkan wilayah pesisir dan menenggelamkan pulau yang terletak dekat permukaan laut beserta kawasan terumbu karang. Perubahan iklim juga akan meningkatkan temperatur air laut, mengubah pola arus laut, angin, serta pola turun hujan. Air laut yang lebih hangat dapat mencegah perkembangbiakan plankton dan mengurangi ketersediaan makanan ikan. Beberapa spesies ikan kemungkinan akan bermigrasi ke wilayah lain yang memiliki kondisi suhu dan makanan yang lebih baik. Strategi adaptasi terhadap perubahan iklim diharapkan mampu untuk memastikan daerah pesisir menjadi daerah yang aman untuk tempat tinggal serta bekerja, di antaranya adalah:

- a) Membangun kesiapan masyarakat pesisir dan pulau-pulau kecil dalam menghadapi perubahan tinggi muka air laut.
- b) Pengembangan sarana penangkapan yaitu kapal yang tahan terhadap perubahan cuaca dan besarnya ombak, serta alat tangkap yang ramah lingkungan.
- c) Pengembangan pemukiman nelayan yang desainnya telah mengantisipasi kenaikan muka air laut (termasuk sistem sanitasi dan air bersih).
- d) Penyusunan pengelolaan bencana pesisir dan pulau kecil.

### **4) Sektor Infrastruktur**

Perubahan iklim mengharuskan infrastruktur lebih tahan terhadap kejadian iklim ekstrem. Faktor adaptasi perubahan iklim harus dimasukkan dalam proses perencanaan pembangunan infrastruktur. Informasi perubahan iklim seperti kenaikan temperatur, perubahan proses penguapan, kelembapan, dan kadar air harus

terintegrasi dalam desain, kode, dan standar infrastruktur fisik. Strategi yang dikembangkan di antaranya:

- a) Pembangunan sarana transportasi (jalan, jembatan, dan lainnya) yang menyesuaikan dengan tata ruang, ketersediaan drainase, dan prediksi kenaikan permukaan air.
- b) Pengembangan kebijakan keselamatan gedung dan desain gedung yang memperhatikan ketahanan terhadap badai tropis, intensitas hujan yang tinggi, kekeringan, dan temperatur yang meningkat.
- c) Perbaikan kriteria standar perencanaan, pelaksanaan dan operasi, serta pemeliharaan infrastruktur dengan adanya peningkatan intensitas hujan dan berkurangnya curah hujan di musim kemarau, seperti perubahan modul drainase, standar pemberian air irigasi, dan pola operasi waduk.

## 5) Sektor Kesehatan

Meningkatnya risiko kesehatan akibat perubahan iklim terhadap kesehatan manusia, seperti penyebaran penyakit malaria, demam berdarah, diare, kolera, dan penyakit akibat vektor lainnya, maka pertimbangan perubahan iklim ke dalam pembangunan sektor kesehatan di Indonesia penting untuk diintegrasikan. Kementerian Kesehatan telah menerbitkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia pada Nomor 1018/Menkes/Per/V/2011/Menks/Sk/V/2009 Tentang Strategi Adaptasi Sektor Kesehatan Terhadap Dampak Perubahan Iklim. Berdasarkan Permenkes tersebut dan kondisi Kalimantan Timur, maka strategi pada sektor kesehatan yang dapat dilakukan di antaranya adalah:

- a) Pemetaan populasi dan daerah rentan perubahan iklim.
- b) Penguatan surveilans penyakit dan perlindungan kesehatan.
- c) Penguatan kesiapsiagaan sistem kesehatan.
- d) Peningkatan identifikasi dini dan pengendalian vektor penular penyakit.
- e) Peningkatan komunikasi, informasi, dan edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat.

- f) Pengembangan sistem peringatan dini dan melaksanakan respons yang efektif akibat bencana dan kejadian luar biasa.
- g) Peningkatan keterjangkauan pelayanan kesehatan, khususnya di daerah yang rentan perubahan iklim.
- h) Penguatan kemitraan dalam menanggulangi dampak perubahan iklim di sektor kesehatan.

## b. Mitigasi

Arahan mitigasi di daerah Kalimantan Timur dilakukan pada berbagai sektor, di antaranya yaitu, sektor berbasis lahan, sektor berbasis limbah, dan sektor berbasis energi serta transportasi. Simak penjelasan berikut.

### 1) Arahan Mitigasi Sektor Berbasis Lahan

Mitigasi pada sektor berbasis lahan diutamakan dalam mencegah terjadinya pengurangan kualitas hutan dan peningkatan tutupan hutan dan lahan.

a) Kawasan lindung terdiri dari hutan lindung, kawasan yang memberikan perlindungan terhadap kawasan di bawahnya, kawasan perlindungan setempat, kawasan suaka alam, pelestarian alam serta cagar budaya, kawasan rawan bencana alam, dan kawasan lindung geologi.

- Hutan Lindung. Arahan mitigasi perubahan iklim pada kawasan hutan lindung adalah:

- ❖ Tindakan Reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis di kawasan hutan lindung.
- ❖ Pemanfaatan ruang untuk budidaya serta penangkaran satwa, pemanfaatan untuk jasa-jasa lingkungan seperti wisata alam, dan pemungutan hasil hutan nonkayu.
- ❖ Peningkatan pada kesejahteraan untuk



#### Tindakan

Langkah sederhana yang dapat kalian lakukan sebagai upaya adaptasi perubahan iklim pada kawasan berbasis lahan adalah dengan ikut serta dalam penanaman pohon kembali di hutan gundul. Pohon dapat menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sehingga dapat meredam kenaikan gas rumah kaca.

masyarakat yang ada di sekitar hutan lindung melalui upaya pemanfaatan hasil hutan bukan kayu.

- ❖ Pemantauan dan pembatasan Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan (IPPKH) pada hutan lindung.
- ❖ Pembatasan dalam kawasan hutan lindung hanya untuk pembangunan sarana serta prasarana pengelolaan, dan penelitian serta wisata alam secara terbatas.
- ❖ Pemanfaatan dalam kawasan hutan lindung untuk rehabilitasi lahan, pembinaan habitat dan pembinaan kawasan serta pengurangan dan penambahan jumlah populasi suatu jenis, baik asli atau bukan asli ke dalam kawasan.
- ❖ Pelarangan dalam kawasan hutan lindung untuk kegiatan yang bersifat mengubah bentang alam termasuk kegiatan pertambangan terbuka.
- ❖ Penyelesaian hak ulayat dan penguasaan tanah yang berada di dalam kawasan hutan ditetapkan berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku.

- Kawasan yang memberikan perlindungan terhadap kawasan bawahannya meliputi kawasan bergambut dan kawasan resapan air. Arahan untuk mitigasi perubahan iklim pada kawasan ini adalah:

- ❖ Pelarangan kegiatan yang mengakibatkan perubahan terhadap keutuhan zona inti (ketebalan gambut lebih dari 3 meter), yaitu mengurangi, menghilangkan zona inti dan fungsinya.
- ❖ Pengelolaan gambut pada kawasan hutan dilakukan melalui kegiatan reboisasi dan rehabilitasi, pengamanan



#### **Kamu Perlu Tahu!**

Lahan gambut yang ada di Kalimantan memiliki peranan yang sangat penting, baik ditinjau dari segi ekonomi maupun ekologi. Lahan gambut ini menyediakan hasil hutan berupa kayu dan non kayu, penyimpan air, penyuplai air dan pengendali banjir, serta merupakan habitat bagi keanekaragaman hayati.

serta penegakan hukum, pemberdayaan masyarakat, dan penataan kawasan.

- ❖ Pengelolaan gambut pada nonkawasan hutan dilakukan melalui penghijauan, disertai dengan pengamanan dan penegakan hukum, pemberdayaan masyarakat setempat, serta penyusunan rencana sesuai dengan RT RW.
- Kawasan perlindungan setempat. Kawasan ini meliputi sempadan pantai, sempadan sungai, kawasan sekitar danau, dan kawasan terbuka hijau. Arahannya mitigasi perubahan iklim pada kawasan ini adalah:
  - ❖ Pengelolaan kawasan sempadan di luar areal perizinan dilakukan melalui reboisasi dan rehabilitasi, pengamanan serta penegakan hukum, pemberdayaan masyarakat, dan penataan kawasan.
  - ❖ Pengelolaan kawasan sempadan di dalam areal perizinan dilakukan.
  - ❖ Melalui reboisasi dan rehabilitasi, serta integrasi di dalam pengelolaan kawasan bernilai konservasi tinggi di dalam areal perizinan.
  - ❖ Pelarangan semua kegiatan yang mengganggu fungsi resapan air.
  - ❖ Pengembangan hutan rakyat, termasuk untuk penguatan kelompok masyarakat pengelola hutan rakyat, dukungan pembiayaan dan pemasaran.
- Kawasan suaka alam, pelestarian alam dan cagar budaya. Arahannya mitigasi perubahan iklim pada kawasan ini adalah:
  - ❖ Pelarangan seluruh kegiatan yang tidak sesuai dengan fungsi pemanfaatan suaka margasatwa dan cagar alam.
  - ❖ Reboisasi dan rehabilitasi lahan kritis di kawasan tersebut.
  - ❖ Pemberdayaan masyarakat.
- Kawasan rawan bencana alam. Kawasan ini meliputi kawasan rawan tanah longsor, kekeringan dan rawan banjir

serta rawan kekeringan. Arahannya mitigasi pada kawasan ini adalah rehabilitasi dan reboisasi.

- Kawasan lindung geologi. Kawasan ini meliputi bentang alam karst di Kabupaten Kutai Timur dan Kabupaten Berau yang tersebar di hutan lindung dan kawasan budidaya. Arahannya mitigasi pada kawasan ini adalah pada pengelolaan ekosistem karst yang terpadu



Sumber: kutaitimurkab.go.id

**Gambar 1.16** Karst Sangkulirang di Kalimantan Timur.

antarsektor dan antarwilayah, penyusunan rencana strategis untuk perlindungan dan pengelolaan ekosistem karst, rehabilitasi dan konservasi hutan dan lahan di kawasan karst, serta perlindungan terhadap kawasan secara keseluruhan.

- b) Kawasan budidaya. Meliputi kawasan budidaya kehutanan dan kawasan budidaya pertanian.
- Kawasan budidaya kehutanan. Arahannya mitigasi perubahan iklim pada kawasan ini adalah diterapkan pengelolaan hutan produksi lestari, termasuk pengelolaan Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi (*High Conservation Value Forest*).
  - Kawasan budidaya pertanian. Meliputi pertanian tanaman pangan, perkebunan dan peternakan. Arahannya mitigasi perubahan iklim pada kawasan ini adalah:
    - ❖ Pengembangan pengelolaan lahan pertanian ramah lingkungan, didukung pengelolaan sistem irigasi bagi sawah dan mengurangi penggunaan pupuk dan pembasmi hama kimia, serta pemanfaatan limbah peternakan sebagai pupuk organik.
    - ❖ Penerapan *Good Agriculture Practices* (GAP), pengelolaan kawasan bernilai konservasi tinggi dan penerapan pembukaan lahan bertahan dan tanpa bakar, pada perizinan perkebunan.

- ❖ Pembentukan kelompok masyarakat sadar api, kelembagaan dan sarana pengelolaan kebakaran lahan, pembukaan lahan kebun secara bertahap sesuai kemampuan tanam tahunan, dan penghentian pemberian perizinan perkebunan di areal hutan alam dan lahan gambut.
- ❖ Penerapan perkebunan rakyat di areal yang rendah karbon termasuk pengembangan komoditas lokal, perkebunan ramah lingkungan.
- ❖ Peningkatan kapasitas teknis dan organisasi, serta pembentukan kelembagaan pekebun rakyat.

c) Kawasan Pertambangan

Kawasan pertambangan, meliputi kawasan pertambangan mineral serta batu bara yang tersebar di kawasan lindung dan kawasan budidaya. Arah mitigasi perubahan iklim pada kawasan pertambangan, meliputi:

- ❖ Peningkatan rasio lahan rehabilitasi dan reklamasi pada areal perizinan pertambangan, termasuk di dalamnya yaitu pembatasan untuk produksi batubara, pengetatan perizinan baru, pengawasan serta penegakan hukum, pembinaan, dan pengendalian terhadap penerapan untuk sistem pertambangan yang baik dan benar, percepatan revegetasi pasca tambang baik di dalam maupun di luar kawasan hutan, serta pengawasan terhadap pemenuhan kewajiban sesuai dengan kontrak pemegang perizinan pertambangan.
- ❖ Pengelolaan kawasan untuk izin pinjam pakai kawasan hutan pada wilayah pertambangan melalui reklamasi yang disertai



Sumber: bbc.com

**Gambar 1.17** Lubang tambang di Kalimantan yang tidak direklamasi.

dengan restorasi dan rehabilitasi kawasan pada waktu selambatnya 30 hari setelah tidak ada kegiatan agar dapat mengembalikan fungsi dari hutan yang telah ditambang.



### Kamu Perlu Tahu!



Sumber: flickr.com

**Gambar 1.18** Danau Biru di Loa Bakung, Samarinda.

Tidak sedikit bekas galian tambang dijadikan objek wisata. Salah satunya kolam yang terletak di Loa Bakung, Samarinda yang biasa disebut Danau Biru. Danau Biru ini populer karena airnya jernih dan dapat memantulkan objek di atasnya seperti cermin. Danau ini juga sering disebut sebagai Danau Cermin.

#### d) Kawasan Pembangunan Lainnya

- Penghijauan dan reboisasi pada jaringan jalan, serta perencanaan jaringan jalan dan transportasi lainnya yang meminimalkan penghilangan tutupan hutan dan konversi gambut.
- Optimalisasi penghijauan pada areal kawasan industri termasuk pengawasan dan pengelolaan kawasan hijau di areal kawasan industri.
- Penghijauan dan reboisasi pada kawasan permukiman, fasilitas sosial dan fasilitas umum, termasuk di dalamnya perencanaan kawasan yang lebih baik, pengawasan kawasan, serta peningkatan partisipasi masyarakat.

## 2) Arahan Mitigasi Sektor Limbah

Mitigasi perubahan iklim di sektor limbah rumah tangga maupun industri, dilakukan melalui:

a) Kebijakan dan pengembangan insentif yang mendorong penurunan sampah rumah tangga, melalui kampanye reduksi sampah, penggunaan tas belanja tidak sekali pakai, pengembangan kegiatan daur ulang dan guna ulang barang.

b) Pengembangan pada usaha daur ulang sampah melalui dukungan kebijakan dan insentif usaha.

c) Peningkatan untuk kualitas pengelolaan pada Tempat Pengolahan Akhir sampah (TPA) yang ada di kawasan perkotaan, termasuk dalam peningkatan pada cakupan wilayah layanan dan *flaring* gas metana.

d) Pengurangan limbah padat industri sebesar 20%, dengan memanfaatkannya sebagai bahan bakar pembangkit listrik atau untuk proses produksi.

e) Implementasi pemanfaatan limbah cair, di antaranya pemanfaatan limbah cair kelapa sawit atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) sebagai sumber energi listrik.



## Tindakan

Langkah sederhana yang dapat kalian lakukan sebagai upaya mitigasi untuk dapat mengurangi dampak perubahan iklim adalah:



Mengganti kantong plastik dengan tas kain sehingga bisa digunakan berulang



Menggunakan kembali dan mendaur ulang barang yang sudah digunakan



## Tindakan

Pemilihan sampah penting dilakukan karena dapat meningkatkan jumlah sampah yang akan didaur ulang, sehingga dapat mengurangi jumlah sampah yang berakhir di TPA dan lingkungan sekitar





## Ayo, Pikirkan!

*Food waste* atau sampah makanan merujuk pada makanan siap konsumsi dan memenuhi gizi seimbang yang terbuang begitu saja. Salah satu penyumbang terbesar sampah di Indonesia merupakan sampah makanan. Sampah makanan terjadi pada tingkat distribusi maupun tingkat konsumsi.



Sumber: pe.com

**Gambar 1.19** Sampah makanan yang menumpuk.

Pada tingkat distribusi, sampah makanan berasal dari pasar tradisional dan *supermarket*, contohnya produk makanan yang sudah *expired*. Pada tingkat konsumsi, sampah makanan berasal dari sisa potongan sayur atau buah serta kebiasaan menyisakan makanan. Sampah makanan paling banyak bukan berasal dari restoran, pasar tradisional, atau *supermarket*, tetapi berasal dari rumah tangga. Hal ini tidak terlepas dari kebiasaan dan perilaku masing-masing individu, seperti:

- Tidak menghabiskan makanan
- Makan tidak sesuai porsi makanan
- Membeli atau memasak makanan yang tidak disukai

Kenyataannya, sampah makanan sangat berbahaya bagi lingkungan. Adapun dampak dari sampah makanan bagi lingkungan yaitu:

- Sampah makanan menghasilkan gas metana
- Terjadinya air lindi
- Mengurangi keberagaman makhluk hidup

Jawablah pertanyaan di bawah ini!

1. Berdasarkan artikel di atas, apa saja tindakan yang dapat dilakukan agar dapat mengurangi jumlah *food waste*?
2. Apakah kamu sudah menerapkan tindakan yang dapat mengurangi *food waste*? Jika sudah, apa tindakanmu? Jika belum, mengapa?
3. Menurutmu, apakah *food waste* ikut berperan dalam memicu terjadinya perubahan iklim? Jelaskan pendapatmu!

4. Menurutmu, apakah ada keterkaitan antara sampah makanan dengan kualitas air? Apakah ada dampaknya pada kehidupan kita? Jelaskan pendapatmu!

### 3) Arahan Mitigasi Sektor Energi dan Transportasi

Strategi mitigasi yang ingin dikembangkan pada sektor energi dan transportasi di Kalimantan Timur adalah:

- a) Pengembangan pembangkit listrik dengan menggunakan energi terbarukan, berupa tenaga surya, biogas, dan kayu.
- b) Pengembangan pembangkit listrik skala kecil.
- c) Penghematan energi industri.
- d) Perbaikan pola angkutan massal.



#### Tindakan

Langkah sederhana yang dapat kalian lakukan sebagai upaya mitigasi pada sektor energi dan transportasi untuk dapat mengurangi dampak perubahan iklim adalah:

- Menghemat penggunaan listrik. Hal ini dapat membantu mengurangi panas bumi.
- Menggunakan kendaraan umum, agar dapat mengurangi gas buang yang dihasilkan dari kendaraan pribadi.



#### Ayo, Pikirkan!

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Samarinda terus mendorong masyarakat untuk melakukan berbagai upaya agar dapat mengatasi perubahan iklim melalui Program Kampung Iklim (Proklam). Proklam adalah program nasional yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dengan tujuan untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat dan berbagai pemangku kepentingan agar dapat memperkuat kapasitas adaptasi perubahan iklim. Program ini juga diharapkan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Proklam merupakan inisiatif baik yang harus dilanjutkan. Indikator pengukuran Proklam juga perlu dikembangkan untuk menilai dampak keberhasilan, sehingga kesadaran masyarakat tentang pentingnya mitigasi perubahan iklim meningkat. Pelaksanaan Proklam harus tepat sasaran dan efektif dalam hal mendorong pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan dan penyebarluasan informasi. Pada tahun 2021, Kelurahan Mugirejo, Samarinda menerima penghargaan trofi Proklam utama dari KLHK, hal ini diharapkan dapat menjadi contoh untuk kabupaten atau kota yang ada di Kalimantan Timur.

**Jawablah pertanyaan di bawah ini!**

1. Apakah daerah tempat tinggalmu sudah menjalankan Proklam?
2. Menurutmu, apakah dengan menerapkan Proklam dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim? Jelaskan pendapatmu!

## 2. Masyarakat

Solusi dalam menghadapi dampak perubahan iklim diusulkan dan dilaksanakan oleh masyarakat. Dalam pelaksanaannya, masyarakat bergantung pada komunitas dan institusi politik beserta sistem komunikasi dan sistem pendidikan untuk dapat mewujudkan solusi yang sudah diusulkan. Simak penjelasan berikut.

### a. Komunitas dan Institusi Politik

Komunitas dan institusi politik berperan penting dalam pelaksanaan solusi dari dampak perubahan iklim yang sudah dirancang. Berikut keterlibatan beberapa komunitas dan institusi politik dalam menjalankan solusi perubahan iklim.

#### 1) Komunitas Ilmiah

Komunitas ilmiah terdiri atas berbagai ilmuwan yang berasal dari berbagai bidang yang berbeda dan saling berinteraksi. Komunitas ilmiah biasanya terbagi menjadi sub-komunitas yang bekerja pada bidang sainsnya masing-masing. Dalam pelaksanaannya, masyarakat membutuhkan keterlibatan lebih besar dari komunitas ilmiah untuk dapat melaksanakan solusi dari dampak perubahan iklim. Salah satu peran penting dari komunitas sains yaitu mengevaluasi kebijakan iklim dan komitmen yang dibuat oleh pemerintah dan bisnis. Hal ini dikarenakan

perspektif dari komunitas sains dibutuhkan dalam membuat kebijakan iklim dan dapat membantu memetakan kebijakan yang perlu dijalankan.

## **2) Komunitas Agama**

Indonesia merupakan negara yang menjunjung tinggi agama dan pluralisme. Perbedaan menjadi ideal dengan terciptanya toleransi dan kemanusiaan, karena adanya enam agama yang diakui. Semua agama mengajak kepada kebaikan, termasuk mendorong masyarakat untuk peduli kepada lingkungan berdasarkan keyakinan. Dalam hal peduli lingkungan, agama turut serta dalam mengedukasi, mengubah gaya hidup sehari-hari yang lebih ramah lingkungan, serta menjadi wadah untuk dapat mendiskusikan masalah lingkungan.

## **3) Komunitas Bisnis**

Dalam pelaksanaan solusi untuk dampak perubahan iklim, diperlukan campur tangan dari komunitas bisnis. Sektor swasta memegang peran kunci dalam pengembangan dan implementasi proyek iklim dikarenakan keahlian spesifik sektor, teknologi, efisiensi, pendanaan, dan kewirausahaan yang mereka miliki. Selain itu, keterlibatan sektor swasta akan berperan meningkatkan profil mereka sebagai bisnis yang ramah lingkungan, serta yang lebih penting, mengembangkan model bisnis yang lebih baik untuk menghadapi peristiwa terkait iklim ke depan.

## **4) Institusi Politik**

Dalam menjalankan solusi untuk dampak perubahan iklim, institusi politik memainkan peran yang penting. Kebijakan dan komitmen dalam menghadapi perubahan iklim dibuat oleh institusi politik. Setiap pemerintah daerah juga mengarahkan tindakan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim yang dapat dilakukan oleh masyarakat.

### **a) Kesepakatan Internasional**

Sebagian masyarakat dunia berkumpul membawa data dan fakta mengenai pemanasan global, kemudian melakukan kesepakatan untuk menanggulangi serta mengurangi dampak pemanasan global yang salah satunya adalah perubahan iklim. Berikut ini hasil kesepakatan dunia internasional.

### **(1) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**

IPCC merupakan panel ilmiah yang terdiri dari para ilmuwan di seluruh dunia dan didirikan oleh dua organisasi PBB, yaitu: World Meteorological Organization (WMO) dan United Nations Environment Programme (UNEP) pada 1988. Tujuan IPCC didirikan adalah untuk mengevaluasi risiko perubahan iklim akibat aktivitas manusia. Setiap tahun IPCC mengadakan pertemuan untuk membahas perkembangan isu-isu perubahan iklim. Penilaian IPCC dan laporan khusus terkait perubahan iklim disiapkan oleh tiga kelompok kerja yang masing-masing terdiri dari aspek yang berbeda terkait ilmu perubahan iklim, yaitu kelompok kerja I (basis ilmu fisika), kelompok kerja II (dampak, adaptasi dan kerentanan), dan kelompok kerja III (mitigasi perubahan iklim).

### **(2) Protokol Kyoto**

Protokol Kyoto mengatur mekanisme penurunan emisi gas rumah kaca yang dilaksanakan negara-negara maju, yakni: (1) Implementasi Bersama (*Joint Implementation*), (2) Perdagangan Emisi (*Emission Trading*); dan (3) Mekanisme Pembangunan Bersih (*Clean Development Mechanism*, CDM). *Joint Implementation* (JI) merupakan mekanisme penurunan emisi di mana negara-negara Annex I dapat mengalihkan pengurangan emisi melalui proyek bersama dengan tujuan mengurangi emisi gas rumah kaca. *Emission Trading* (ET) merupakan mekanisme perdagangan emisi yang dilakukan antarnegara industri, di mana negara industri yang emisi gas rumah kacanya di bawah batas yang diizinkan dapat menjual kelebihan jatah emisinya ke negara industri lain yang tidak dapat memenuhi kewajibannya. *Clean Development Mechanism* (CDM) merupakan mekanisme penurunan emisi GRK dalam rangka kerja sama negara industri dengan negara berkembang. Mekanisme ini bertujuan agar negara Annex I dapat mencapai target pengurangan emisi melalui program pengurangan emisi gas rumah kaca di negara berkembang.

### **(3) Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate (APPCDC)**

Kesepakatan ini bergerak untuk mengatasi masalah kebutuhan serta keamanan energi, polusi udara, dan perubahan iklim. Tujuan utamanya adalah untuk mempercepat penggunaan teknologi yang lebih

hemat energi dan bersih serta memitigasi perubahan iklim tanpa merusak pembangunan ekonomi.

#### (4) Perjanjian Paris

Perjanjian Paris bertujuan untuk menahan peningkatan temperatur rata-rata global jauh di bawah 2°C dan melanjutkan upaya untuk menekan kenaikan temperatur ke 1,5°C. Perjanjian Paris mencerminkan kesetaraan dan prinsip tanggung jawab bersama yang dibedakan sesuai kapabilitas masing-masing negara dengan mempertimbangkan kondisi nasional yang berbeda-beda. Perjanjian Paris juga diarahkan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap dampak negatif perubahan iklim, menuju ketahanan iklim dan pembangunan rendah emisi, tanpa mengancam produksi pangan, dan menyiapkan skema pendanaan untuk menuju pembangunan rendah emisi dan berketahanan iklim.

#### b. Sistem Komunikasi dan Sistem Pendidikan

Sistem komunikasi dan sistem pendidikan berperan untuk dapat menyeimbangkan pengetahuan, sikap, dan tindakan. Dalam hal ini, media komunikasi memiliki peran di antaranya sebagai sarana komunikasi, edukasi, penyampaian dan memperjelas informasi, serta mendapatkan atensi dari publik. Media juga berperan sebagai perantara dalam transfer pengetahuan antara ilmuwan dalam menyampaikan hasil penelitiannya kepada masyarakat luas. Selain itu, sistem pendidikan juga memiliki peran penting dalam pelaksanaan solusi dari dampak perubahan iklim. Pendidikan telah diidentifikasi sebagai prediktor paling penting dari kesadaran individu akan perubahan iklim, dan pendidikan pun dinilai dapat meningkatkan kepedulian terhadap perubahan iklim. Hal ini tentu saja merupakan dasar masyarakat agar dapat melaksanakan solusi dari dampak perubahan iklim.



#### Uji Diri

1. Sebutkan area yang rentan terhadap perubahan iklim!
2. Apa saja arahan mitigasi yang dilakukan oleh pemerintah Kalimantan Timur pada kawasan hutan lindung? Jelaskan pula tindakan yang dapat dilakukan dalam membantu melaksanakan mitigasi pada kawasan hutan lindung!



## Uji Diri

3. Mengapa pengembangan pemukiman nelayan dengan desain yang telah mengantisipasi kenaikan muka air laut menjadi salah satu strategi adaptasi yang harus diimplementasikan pada kawasan pesisir di Kalimantan Timur? Jelaskan!
4. Apa saja arahan mitigasi yang dilakukan oleh pemerintah Kalimantan Timur pada sektor limbah? Jelaskan pula tindakan yang dapat kalian lakukan dalam membantu melaksanakan mitigasi pada sektor limbah!
5. Jelaskan apa saja hasil kesepakatan internasional terkait upaya penanggulangan dampak pemanasan global!



## Refleksi Diri

Setelah mempelajari materi perubahan iklim, coba pikirkan dan renungkan apa yang sudah kamu pelajari. Apa manfaatnya dalam mempelajari materi ini? Apa saja pengetahuan yang telah kamu dapatkan? Apa perubahan sikap yang akan kamu lakukan terkait materi ini? Coba kamu ungkapkan di depan kelas atau tuliskan pada buku tugas kalian masing-masing.



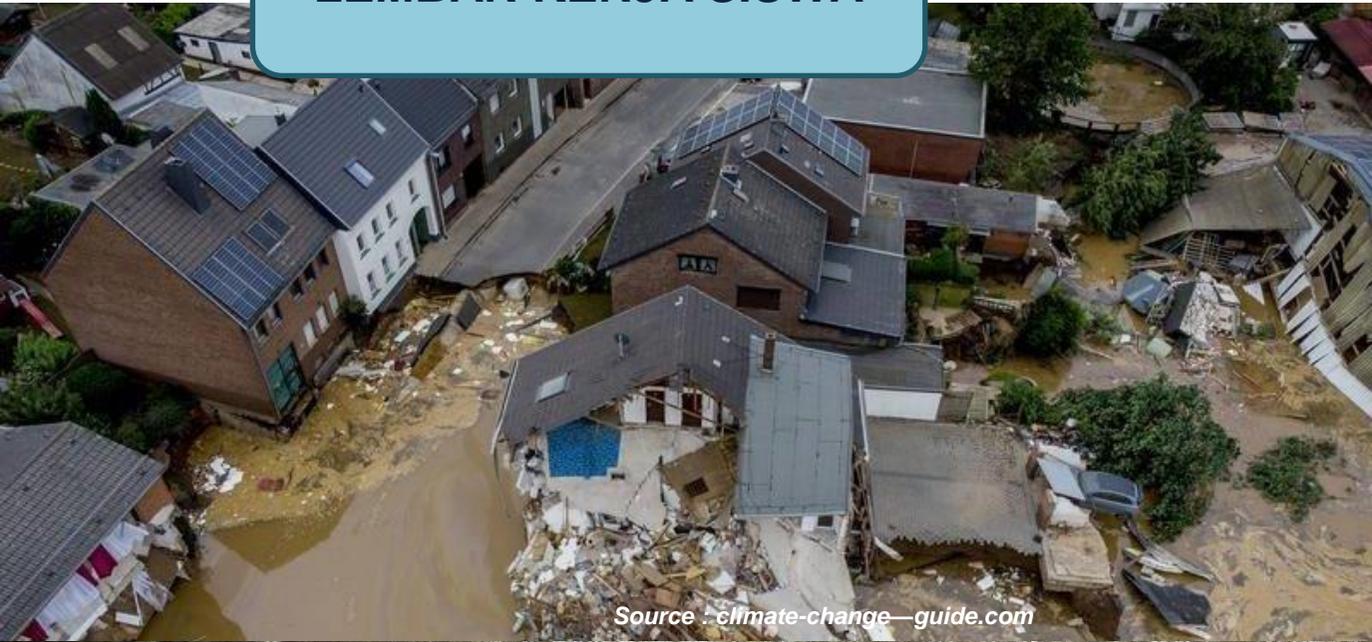
## Rangkuman

- Perubahan iklim adalah kondisi berubahnya pola dan intensitas unsur iklim pada kurun waktu yang panjang. Perubahan iklim disebabkan oleh dua pemicu yaitu aktivitas manusia dan peran alami.
- Terjadinya peningkatan suhu rata-rata permukaan Bumi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia merupakan gejala dari pemanasan global. Pemanasan global ditandai dengan efek rumah kaca dan penipisan lapisan ozon.

- Efek rumah kaca adalah proses terperangkapnya panas dari matahari di dalam atmosfer bumi yang menyebabkan suhu rata-rata bumi meningkat. Ada lima gas rumah kaca yaitu uap air, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), dan klorofluorokarbon (CFC).
- Penipisan lapisan ozon merupakan suatu wujud dari kerusakan lapisan ozon yang disebabkan oleh salah satu gas rumah kaca yaitu klorofluorokarbon (CFC).
- Iklim bumi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor alam yang berada di luar sistem iklim, seperti perubahan aktivitas gunung berapi, radiasi matahari, dan orbit bumi yang mengelilingi matahari.
- Dampak perubahan iklim mengancam berbagai sektor kehidupan manusia dan alam. Dampak perubahan iklim pada sektor kehidupan manusia terjadi pada sektor pertanian, kehutanan, kesehatan, dan infrastruktur.
- Pada alam, dampak perubahan iklim yang terjadi yaitu perubahan siklus air serta perluasan wilayah tropis, kebakaran hutan, kejadian iklim ekstrem, dan rob serta gelombang tinggi di laut.
- Solusi diperlukan sebagai upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Solusi diarahkan dalam bentuk tindakan adaptasi dan mitigasi.
- Beberapa hasil kesepakatan internasional mengenai upaya penanggulangan pemanasan global adalah IPCC, Protokol Kyoto, APPCDC, dan Perjanjian Paris.
- Partisipasi masyarakat diperlukan dalam menjalani solusi dari dampak perubahan iklim. Dalam pelaksanaannya, masyarakat bergantung pada berbagai komunitas serta institusi politik, dan membutuhkan sistem komunikasi serta sistem pendidikan yang dapat membentuk individu yang sadar iklim dan lingkungan.



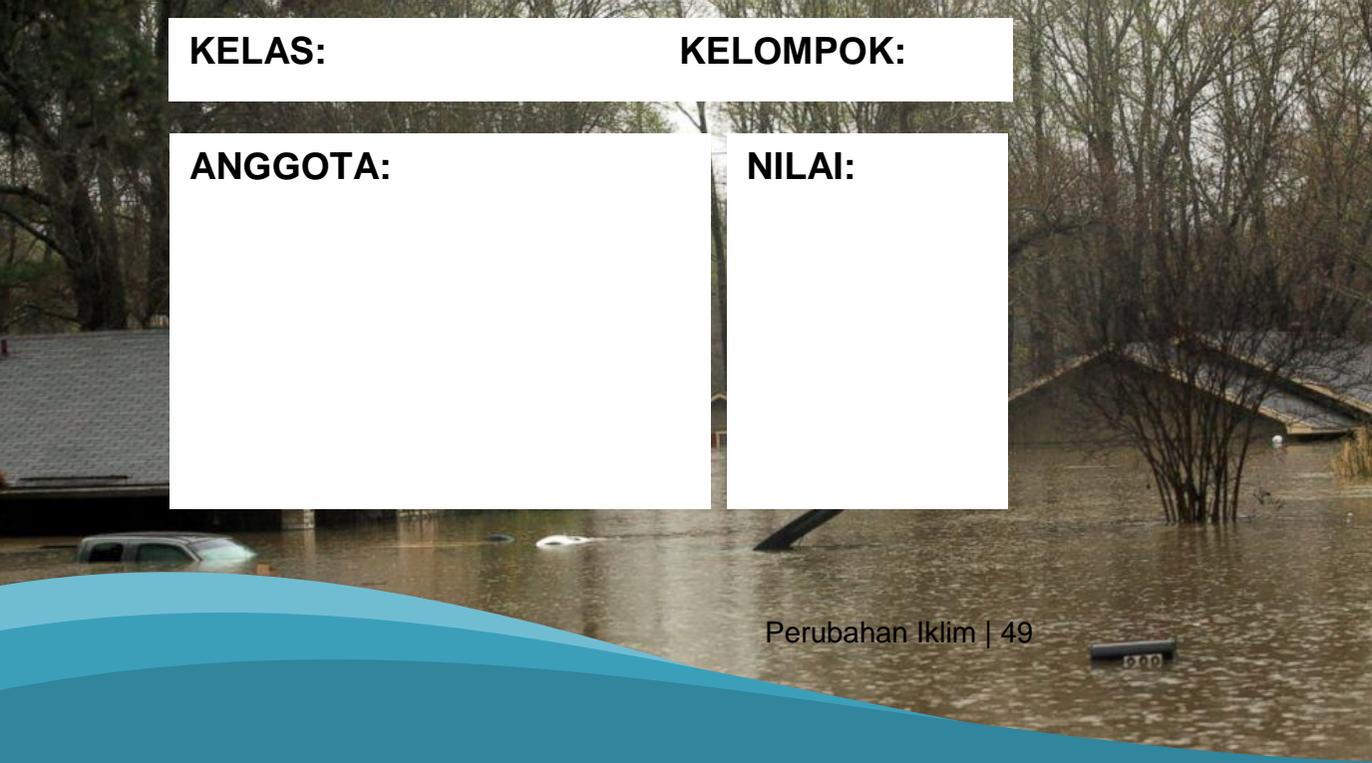
# LEMBAR KERJA SISWA



**KELAS:** **KELOMPOK:**

**ANGGOTA:**

**NILAI:**



## MARI KITA MENGENAL APA ITU STEM!



Apakah kalian pernah mendengar istilah STEM?  
Jika pernah, apa itu STEM?

STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan keempat bidang ilmu. Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM dapat menghubungkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari, hal ini dimaksudkan agar siswa dapat berpikir kritis dalam pencapaian solusi untuk masalah tersebut.

Simak penjelasan mengenai komponen STEM yang ada dalam buku ini!

<b>Science (Sains)</b>	<b>Technology (Teknologi)</b>	<b>Engineering (Teknik)</b>	<b>Mathematics (Matematika)</b>
Penjelasan mengenai materi perubahan iklim dan kemampuan siswa untuk membuat solusi dalam memecahkan masalah terkait.	Kemampuan siswa dalam penggunaan teknologi dan menerapkannya dalam pemecahan masalah.	Kemampuan siswa untuk dapat memberi solusi, desain, dan produk untuk pemecahan masalah dengan memanfaatkan konsep sains, teknologi, dan matematika.	Kemampuan siswa dalam menginterpretasi dan menganalisis solusi berdasarkan perhitungan matematis.



**Mari kita simak keterkaitan STEM dengan literasi iklim yang ada dalam LKS ini!**

Komponen STEM	Literasi Iklim
<i>Science</i>	Kemampuan untuk dapat memahami bagaimana sistem iklim bumi dan dapat membuat keputusan yang bertanggung jawab sehubungan dengan tindakan yang dapat mempengaruhi iklim
<i>Technology</i>	Kemampuan untuk dapat memilah dan menilai informasi yang kredibel secara ilmiah tentang iklim yang beredar di internet. Individu yang melek ilmu iklim memahami bagaimana pengamatan dan catatan iklim serta pemodelan komputer berkontribusi pada pengetahuan ilmiah tentang iklim
<i>Engineering</i>	Kemampuan untuk dapat memberi solusi serta mendesain alat yang dapat mengurangi dampak perubahan iklim
<i>Mathematics</i>	Kemampuan untuk dapat membuat model dan menghitung biaya yang diperlukan dari alat yang ingin dirancang untuk mengurangi dampak dari perubahan iklim



**Mari kita simak keterkaitan STEM dengan literasi iklim yang ada dalam LKS ini!**

Komponen STEM	Indikator
<i>Science</i>	Mengidentifikasi informasi terkait permasalahan yang diberikan dengan baik dan benar
<i>Technology</i>	Memperkirakan solusi yang ingin digunakan dengan memanfaatkan teknologi yang ada
<i>Engineering</i>	Merancang dan membuat rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim
<i>Mathematics</i>	Menghitung biaya yang diperlukan dari pembuatan rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim

## KOMPONEN STEM DALAM PEMBUATAN RUMAH TAHAN BANJIR AKIBAT DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

### **Science**

Kemampuan siswa untuk dapat mempelajari konsep di bidang sains serta penerapannya dalam membuat solusi untuk memecahkan masalah di kehidupan sehari-hari

Pemahaman mengenai materi perubahan iklim dan dampak akibat perubahan iklim yang ekstrem salah satunya bencana banjir

### **Technology**

Kemampuan siswa dalam penggunaan teknologi dan menerapkannya dalam pemecahan masalah

Menggunakan teknologi untuk mendapatkan informasi mengenai banjir dan material yang dapat digunakan untuk pembuatan rumah tahan banjir

### **Engineering**

Kemampuan siswa untuk dapat memberi solusi, desain, dan produk untuk suatu pemecahan masalah dengan memanfaatkan konsep sains, perhitungan matematika, dan teknologi

1. Merancang rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem
2. Membuat rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem

### **Mathematics**

kemampuan siswa dalam menganalisis, dan menginterpretasikan solusi berdasarkan perhitungan matematis

Menghitung biaya yang diperlukan untuk merancang rumah tahan banjir

SETELAH MENGENAL APA ITU STEM, MARI KITA MENGENAL LANGKAH-LANGKAH PEMBELAJARAN YANG DIGUNAKAN DALAM LKS INI



Tahapan pembelajaran yang digunakan pada LKS ini sesuai dengan tahapan model pembelajaran EDP (*Engineering Design Process*)



Lalu apa itu model pembelajaran EDP?  
Apa saja tahapannya?

Model pembelajaran EDP merupakan model pembelajaran yang dapat mengembangkan dan melibatkan peserta didik dalam mendefinisikan suatu masalah dengan pendekatan sistematis, mengembangkan argumentasi, dan membuat keputusan sesuai pada tahapan EDP dalam kehidupan sehari-hari. Model ini memiliki 6 tahapan yaitu *define*, *learn*, *plan*, *try*, *test*, dan *decide*.

Simaklah tahapan pembelajaran yang digunakan pada LKS ini sesuai dengan model pembelajaran EDP!

<b>DEFINE</b>	Pada tahap <i>define</i> atau mendefinisikan, guru akan membagikan <i>problem letter</i> dan siswa akan mengidentifikasi masalah yang diperlukan klien dalam <i>problem letter</i>
<b>LEARN</b>	Pada tahap <i>learn</i> atau belajar, guru memberikan dan menjelaskan materi terkait yang berada di <i>problem letter</i> yaitu perubahan iklim dan siswa menyimak
<b>PLAN</b>	Pada tahap <i>plan</i> atau merencanakan, siswa akan mendesain solusi terkait masalah klien di <i>problem letter</i> dibekali dengan materi yang telah diberikan yaitu perubahan iklim
<b>TEST TRY</b>	Pada tahap <i>test</i> dan <i>try</i> , siswa menguji coba desain alat yang akan digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah klien di <i>problem letter</i> terkait materi perubahan iklim
<b>DECIDE</b>	Pada tahap <i>decide</i> atau memutuskan, peserta didik memutuskan apakah solusi desain yang telah dibuat mampu untuk menyelesaikan masalah klien di <i>problem letter</i> . Pada tahap ini juga peserta didik diarahkan untuk mempresentasikan alasan mengapa solusi desain yang telah dibuat mampu menyelesaikan masalah klien

## PROBLEM LETTER

Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman

Untuk para peserta didik harapan masa depan...

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan global dalam beberapa dekade terakhir. Dampak perubahan iklim global juga dirasakan di Indonesia. Salah satu dampak perubahan iklim yang terjadi di Indonesia dapat dilihat dari peningkatan intensitas dan frekuensi bencana hidrometeorologi seperti banjir yang terjadi di daerah Samarinda, Kalimantan Timur.

Bencana banjir memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Terjangkit banjir dapat merusak sarana dan prasarana berbagai fasilitas umum, kendaraan, bahkan rumah.

Iklim kita sudah berubah dan bagi banyak orang yang tinggal di dekat tepi sungai, ketakutan akan banjir terus terjadi.

Berkaitan dengan permasalahan tersebut, kami dari Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Samarinda menginginkan Anda untuk dapat mendesain serta merancang rumah tahan banjir sebagai salah satu solusi masa depan.

Anda akan mengerjakan tantangan ini secara berkelompok. Rumah tahan banjir memiliki kriteria yaitu memiliki ketahanan struktur terhadap air, gerakan, dan angin.

Rumah tahan banjir ini harus mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan dan dampak dari bahan yang digunakan terhadap lingkungan.

Buktikan bahwa ide yang Anda buat mampu menjadi solusi masa depan dalam menghadapi perubahan iklim!

Terima kasih karena telah membantu kami dalam menyelesaikan masalah.

## KD DAN IPK

### KOMPETENSI DASAR

- 3.12 Menganalisis gejala pemanasan global dan dampaknya bagi kehidupan serta lingkungan
- 4.12 Mengajukan ide atau gagasan penyelesaian masalah gejala pemanasan global dan dampaknya bagi kehidupan serta lingkungan

### INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

- 4.12.1 Merancang rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem
- 4.12.2 Membuat rumah tahan banjir akibat dampak dari perubahan iklim yang ekstrem
- 4.12.3 Menguji material yang digunakan dalam pembuatan rumah tahan banjir akibat dampak perubahan iklim yang ekstrem
- 4.12.4 Membuat tulisan mengenai gagasan adaptasi perubahan iklim
- 4.12.5 Mengomunikasikan hasil pembuatan rumah tahan banjir dan tulisan mengenai gagasan penyelesaian masalah perubahan iklim yang ekstrem secara berkelompok

### DEFINE

Siapa Klienmu?

.....

.....

.....

.....

.....

### LITERASI IKLIM

#### DEFINE

Kemampuan untuk dapat memberi solusi permasalahan klien yang dapat mengurangi dampak perubahan iklim

E

Apa masalah klienmu yang membutuhkan bantuanmu?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Apa kriteria desain yang diperlukan oleh klienmu?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Apa saja batasan yang telah ditentukan oleh klienmu?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## LEARN

Apa yang menyebabkan perubahan iklim dapat terjadi?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## LITERASI IKLIM

1. Kemampuan untuk dapat memahami bagaimana sistem iklim bumi, dan dapat membuat keputusan yang bertanggung jawab sehubungan dengan tindakan yang dapat mempengaruhi iklim
2. Kemampuan untuk dapat menganalisis grafik terkait perubahan iklim



Apa saja dampak perubahan iklim bagi makhluk hidup?

.....

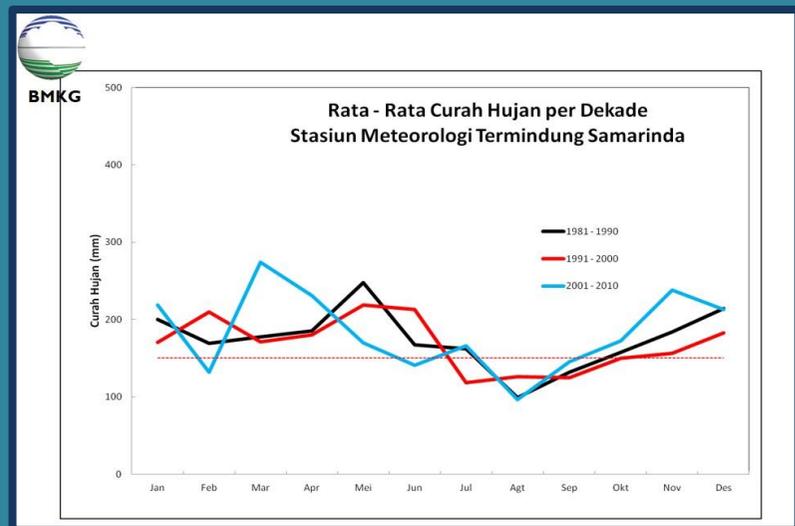
.....

.....

.....

.....

Perubahan iklim di Indonesia dapat diamati dari pola curah hujan rata-rata di beberapa wilayah di Indonesia. Berikut ini gambar grafik curah hujan rata-rata bulanan dari periode tahun 1980-2010 di Samarinda.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**PLAN**

Kami menyediakan kartu material untuk membantu kalian dalam memutuskan mengenai pilihan material yang akan digunakan untuk membuat rumah tahan banjir. Pemodelan dan harga tiap material tersedia di kartu material.

**LITERASI IKLIM**

1. Kemampuan untuk dapat memahami bagaimana sistem iklim Bumi, dan dapat membuat keputusan yang bertanggung jawab sehubungan dengan tindakan yang dapat mempengaruhi iklim
2. Kemampuan untuk dapat memilah dan menilai informasi yang kredibel secara ilmiah tentang iklim yang beredar di internet
3. Kemampuan untuk dapat memberi solusi serta mendesain alat yang dapat mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrem
4. Kemampuan untuk dapat membuat model dan menghitung biaya yang diperlukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrem

S T E M

## KARTU MATERIAL



### **Gulungan Polythene**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan *plastic*  
**Sifat:** tahan air, tidak memiliki kekuatan struktural, mudah sobek, mudah dibentuk, tidak dapat didaur ulang, tidak dapat terurai secara alami



### **Beton**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan  
**Sifat:** tahan air, sangat kuat, sulit untuk dihancurkan, tahan lama, mudah dibentuk, tidak dapat didaur ulang, tidak dapat terurai secara alami



### **Gulungan Polyurethane**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan plastik *polypropylene* (PP)  
**Sifat:** tahan air, kuat, dapat didaur ulang, sulit untuk dipotong, tidak dapat terurai secara alami



### **Baja**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan nampun makanan *aluminium foil* atau kartu yang dilapisi *aluminium foil*  
**Sifat:** tahan air, rentan terhadap karat, kuat, dapat didaur ulang, sulit dipotong menjadi beberapa bagian, tidak dapat terurai secara alami



### **Bambu**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan sedotan

**Sifat:** tahan air, kuat namun harus terikat satu sama lain, dapat terurai secara alami, dapat didaur ulang



### **Kayu Lunak**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan stik kayu

**Sifat:** menyerap air, tidak terlalu kuat, rentan rayap, dapat terurai secara alami, dapat didaur ulang



### **Tanah**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan tanah liat

**Sifat:** lunak, dapat didaur ulang, dapat terurai secara alami



### **Kaca**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan akrilik, *plastic warp*, dan plastik

**Sifat:** dapat didaur ulang, tidak dapat terurai secara alami, tahan air, gampang pecah



### **Kayu Keras**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan kayu balsa atau stik kayu

**Sifat:** menyerap air, kuat, tahan lama, tahan rayap, dapat terurai secara alami, dapat didaur ulang



### **Seng**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan *aluminium foil*

**Sifat:** tahan air, rentan terhadap karat, kuat, dapat didaur ulang, sulit untuk dipotong



### **Batu Bata**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan plastisin

**Sifat:** kuat, tahan cuaca, tahan lama, dapat didaur ulang



### **Alang-Alang**

Untuk pemodelan, Anda dapat menggunakan rumput atau dedaunan

**Sifat:** lunak, tahan cuaca, perlu diperkuat dengan struktur lain

 <p><b>Gulungan Polythene</b>            Harga: Rp30.000            (50 m x 4 m)</p>	 <p><b>Beton</b>            Harga: Rp60.000 per sak untuk 7 m<sup>2</sup></p>	 <p><b>Gulungan Polyurethane</b>            Harga: Rp36.000 per lembar            (10 m x 2 m)</p>	 <p><b>Baja</b>            Harga: Rp60.000 per m<sup>2</sup></p>
 <p><b>Bambu</b>            Harga: Rp6.000 per 1 meter</p>	 <p><b>Kayu Lunak</b>            Harga: Rp7.000 per 1 meter</p>	 <p><b>Tanah</b>            Gratis</p>	 <p><b>Kaca</b>            Harga: Rp85.000 per m<sup>2</sup></p>
 <p><b>Kayu Keras</b>            Harga: Rp375.000 per m<sup>3</sup></p>	 <p><b>Seng</b>            Harga: Rp50.000 per lembar</p>	 <p><b>Batu Bata</b>            Harga: Rp900 per biji</p>	 <p><b>Alang-Alang</b>            Gratis</p>
 <p><b>Paku</b>            Harga: Rp150 per pcs</p>	 <p><b>Pengencang Logam</b>            Harga: Rp250 per pcs</p>	 <p><b>Mur dan Baut</b>            Harga: Rp1.000 per pcs</p>	 <p><b>Tali Tambang</b>            Harga: Rp4.000 per 1 meter</p>

## SPESIFIKASI DESAIN

Sebelum mengembangkan idemu mengenai rumah tahan banjir, pikirkan tentang fitur yang Anda ingin miliki pada rumah Anda, dan berikan alasan mengapa ini penting.

**Bahan** — Apa material yang kamu butuhkan untuk rumahmu?

**Kesesuaian untuk keluarga** — Fitur apa yang ingin rumah Anda miliki agar cocok untuk orang-orang yang akan tinggal di dalamnya?

**Metode konstruksi** — Jenis struktur apa yang menurut Anda paling sesuai dengan kondisi dan bahan yang tersedia?

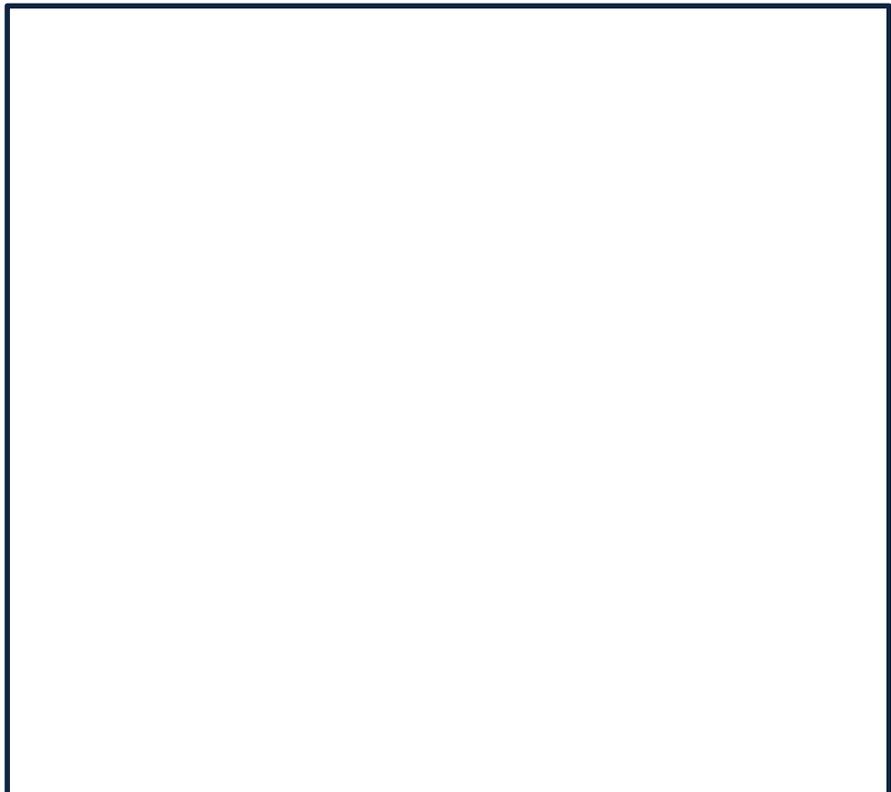
**Isu Lingkungan** — Apakah Anda akan mempertimbangkan pengaruh bahan pilihan Anda terhadap lingkungan?

**Biaya** — Apa yang akan Anda lakukan untuk menekan biaya seminimal mungkin?

## IDE DESAIN

Kembangkan beberapa ide untuk rumah tahan banjir Anda dan buat sketsa di bawah ini. Beri anotasi pada ide desain Anda dengan catatan di samping gambar untuk memberikan informasi tambahan. Anda dapat memasukkan detail bagian tersembunyi seperti:

- pengencang, bukaan, elemen interior
- informasi tentang bahan dan ukuran
- bagaimana desain Anda akan cocok untuk calon penghuni rumah
- bagaimana desain Anda dapat memenuhi kriteria







## TABEL PENGUJIAN KEKUATAN BAHAN

Material	Ketinggian air yang diserap (cm)			Pengamatan
	Tes 1	Tes 2	Berat Rata-Rata	

$$\text{Tinggi Rata – rata} = \frac{\text{Tes 1} + \text{Tes 2}}{2}$$

## TRY

Dari *problem letter* terdapat kriteria yang diinginkan oleh klien. Silahkan uji coba desain Anda apakah sesuai dengan kriteria yang diinginkan oleh klien!

Kriteria	Rumah Tahan Banjir Anda		Apa rencana Anda ke depan?
	Memiliki	Tidak memiliki	

## LITERASI IKLIM

### TRY

1. Kemampuan untuk dapat memberi solusi serta mendesain alat yang dapat mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrem.
2. Kemampuan untuk dapat membuat model dan menghitung biaya yang diperlukan dari alat yang ingin dirancang untuk mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrem.

E

M

**TEST**

Perbaikilah hasil proyek yang telah dibuat jika Anda merasa belum maksimal dan uji coba kembali!

Kriteria	Rumah Tahan Banjir Anda		Apa rencana Anda ke depan?
	Memiliki	Tidak memiliki	

**LITERASI IKLIM**

**TEST**

- 1. Kemampuan untuk dapat memilah dan menilai informasi yang kredibel secara ilmiah tentang iklim yang beredar di internet.
- 2. Kemampuan untuk dapat memberi solusi serta mendesain alat yang dapat mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrem.



## DECIDE

Apakah rumah tahan banjir yang telah Anda buat telah memenuhi kriteria serta batasan yang diinginkan klien dan dapat menjadi solusi masa depan? Jelaskan!

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## LITERASI IKLIM

### DECIDE

Kemampuan untuk dapat memberi solusi serta mendesain alat yang dapat mengurangi dampak perubahan iklim yang ekstrem



Tuliskan gagasan mengenai adaptasi yang dapat dilakukan sebagai upaya penanggulangan dampak perubahan iklim!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

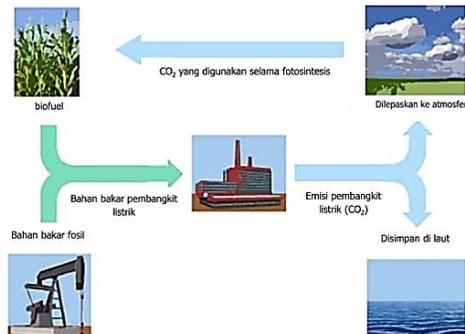


## Uji Kompetensi

**Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e pada jawaban yang paling benar!**

1. Efek rumah kaca merupakan fenomena alami yang menyebabkan keadaan di bumi menjadi hangat dan nyaman dihuni. Namun dalam beberapa tahun terakhir, efek rumah kaca menjadi salah satu penyebab dari pemanasan global. Hal ini dikarenakan peningkatan gas rumah kaca alami yang ada di atmosfer bumi. Gas rumah kaca alami yang meningkat di atmosfer bumi adalah...
  - a. Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan Nitrogen ( $\text{N}_2$ )
  - b. Metana ( $\text{CH}_4$ ) dan Oksigen ( $\text{O}_2$ )
  - c. Dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dan Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ )
  - d. Argon (Ar) dan Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )
  - e. Oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan Argon (Ar)
2. Komponen pada penggunaan alat transportasi yang mengakibatkan suhu udara mengalami peningkatan adalah...
  - a. Kecepatan transportasi
  - b. Energi yang dihasilkan dari proses pembakaran
  - c. Banyaknya penggunaan alat transportasi
  - d. Emisi gas karbon dioksida dari bahan bakar transportasi
  - e. Banyaknya jenis alat transportasi
3. Pemanasan global yang diakibatkan oleh efek rumah kaca akan menyebabkan masalah besar bagi lingkungan dan kehidupan di dalamnya. Penyebab terjadinya pemanasan global adalah...
  - a. Penggunaan energi matahari oleh tumbuhan
  - b. Pencemaran udara yang mengakibatkan kadar  $\text{CO}_2$  meningkat di atmosfer
  - c. Membangun rumah kaca untuk pertanian
  - d. Penggunaan energi listrik dari pembangkit listrik tenaga air
  - e. Membuang sampah sesuai jenisnya

4. Perhatikan gambar di bawah ini!



Banyak pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil dan berakibat pada peningkatan jumlah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dilepaskan ke atmosfer berdampak negatif terhadap iklim global. Insinyur telah menggunakan strategi baru untuk mengurangi jumlah CO<sub>2</sub> yang dilepaskan ke atmosfer, salah satu strategi tersebut adalah dengan membakar *biofuel*. Bahan bakar fosil berasal dari sumber energi tak terbarukan, sedangkan *biofuel* berasal dari sumber energi terbarukan. Strategi lainnya yaitu, dengan memerangkap sebagian dari emisi CO<sub>2</sub> oleh pembangkit listrik dan menyimpannya jauh di bawah tanah atau di laut. Strategi ini disebut penangkapan dan penyimpanan karbon. Menggunakan *biofuel* tidak memiliki efek yang sama untuk tingkat emisi CO<sub>2</sub> seperti menggunakan bahan bakar fosil. Pernyataan di bawah ini yang paling menjelaskan alasannya adalah....

- Biofuel* tidak melepaskan CO<sub>2</sub> saat dibakar
- Tanaman yang digunakan untuk *biofuel* menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer saat tumbuh
- Saat mereka terbakar, *biofuel* mengambil CO<sub>2</sub> dari atmosfer
- CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik dengan menggunakan *biofuel* memiliki sifat kimia yang berbeda dengan yang dikeluarkan oleh pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil
- Bahan bakar *biofuel* lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil

5. Sektor energi berkontribusi besar terhadap emisi gas rumah kaca yang nantinya akan berdampak terhadap pemanasan global, salah satunya yang terdapat pada pembangkit tenaga listrik. Berikut merupakan jenis pembangkit listrik yang terdapat di dunia.
- (1) Pembangkit Listrik Tenaga Angin
  - (2) Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
  - (3) Pembangkit Listrik Tenaga Surya
  - (4) Pembangkit Listrik Tenaga Uap
- Berdasarkan jenis pembangkit listrik di atas, jenis pembangkit listrik yang menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi adalah....
- a. (1) dan (2)
  - b. (2) dan (3)
  - c. (2) dan (4)
  - d. 2 saja
  - e. 4 saja
6. Kebijakan pemindahan ibu kota negara ke Kalimantan Timur menuai pro dan kontra di kalangan masyarakat. Organisasi lingkungan seperti Greenpeace Indonesia mengkhawatirkan dampak yang akan ditimbulkan dari pembangunan ibu kota negara di Kalimantan Timur. Selain itu, pemindahan ibu kota negara ke Kalimantan Timur diperkirakan dapat meningkatkan efek rumah kaca. Berdasarkan masalah di atas, hal yang bukan menjadi pemicu dalam peningkatan efek rumah kaca adalah...
- a. Peningkatan populasi masyarakat
  - b. Penebangan liar disertai dengan pembakaran hutan
  - c. Peningkatan penggunaan kendaraan umum
  - d. Peningkatan limbah gas akibat kegiatan industri
  - e. Peningkatan penggunaan kendaraan pribadi
7. Salah satu upaya pemerintah dalam upaya mengurangi laju pemanasan global adalah...
- a. Penebaran benih ikan
  - b. Penanaman seribu pohon
  - c. Meningkatkan industri peternakan
  - d. Program rumah sehat

e. Normalisasi sungai

8. Dampak dari pemanasan global dapat mempengaruhi perubahan iklim di bumi. Selain perubahan iklim, masih ada berbagai dampak negatif yang ditimbulkan oleh pemanasan global. Perhatikan pernyataan berikut:
- (1) Mencairnya gletser es di kutub
  - (2) Terjadi kekeringan di berbagai wilayah
  - (3) Meningkatnya frekuensi badai
  - (4) Rusaknya ekosistem
- Berdasarkan pernyataan di atas, yang merupakan dampak pemanasan global adalah...
- a. (1) dan (2)
  - b. (1) dan (4)
  - c. (2) dan (3)
  - d. (3) dan (4)
  - e. Semua benar
9. Perubahan iklim tidak hanya didorong oleh aktivitas manusia, namun ada beberapa faktor alam di luar sistem iklim yang mempengaruhinya. Faktor alam tersebut adalah ...
- a. Perubahan aktivitas gunung berapi
  - b. Peningkatan curah hujan
  - c. Penggunaan bahan bakar fosil
  - d. Peningkatan bencana hidrometeorologi
  - e. Peningkatan penggunaan kendaraan pribadi
10. Perubahan iklim merupakan suatu keadaan ketika pola iklim dunia berubah. Salah satu pemicunya yaitu aktivitas manusia. Perhatikan pernyataan berikut.
- (1) Menebang pohon secara besar-besaran tanpa melakukan reboisasi
  - (2) Menggunakan pendingin ruangan dengan pintu terbuka
  - (3) Menggunakan listrik secara efisien
  - (4) Melakukan pemilihan sampah sesuai kategori

Berdasarkan pernyataan di atas yang *bukan* merupakan aktivitas manusia yang dapat mendorong terjadinya perubahan iklim adalah....

- a. (1) dan (2)
- b. (2) dan (3)
- c. (2) dan (4)
- d. (3) dan (4)
- e. 4 saja

11. Perubahan iklim berdampak pada setiap aspek kehidupan manusia, salah satunya adalah sektor kesehatan. Menurut laporan data dan informasi dampak perubahan iklim pada sektor kesehatan berbasis bukti di Indonesia tahun 2021 yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan RI, menyatakan bahwa beberapa kabupaten dan kota yang ada di Kalimantan Timur memiliki jumlah kasus penyakit demam berdarah yang cukup tinggi. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa penyakit ini dijuluki sebagai penyakit sensitif iklim, penyebabnya adalah....
- a. Kenaikan maupun penurunan curah hujan yang berpengaruh terhadap dinamika populasi vektor dan penularan penyakit demam berdarah
  - b. Penurunan suhu daratan pada masa transisi antarmusim sehingga populasi vektor meningkat
  - c. Saluran air yang tersumbat menyebabkan pertumbuhan nyamuk semakin meningkat
  - d. Aliran udara yang bergerak secara horizontal dan tidak adanya daya angkat seperti pada musim penghujan
  - e. Musim kemarau yang berkepanjangan menyebabkan penularan penyakit demam berdarah meningkat
12. Perubahan iklim tidak hanya berdampak pada kehidupan manusia, namun juga pada alam. Salah satu contohnya adalah terjadinya banjir rob pada kawasan pesisir Kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Faktor yang tidak mempengaruhi terjadinya banjir rob adalah....
- a. Peningkatan curah hujan
  - b. Penurunan muka air tanah

- c. Kenaikan permukaan air laut
  - d. Kurangnya daerah resapan air
  - e. Penebangan hutan bakau atau hutan mangrove
13. Kejadian banjir dan menurunnya kualitas air di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Karang Mumus, Samarinda terus meningkat. Kondisi ini diperparah oleh dampak perubahan iklim terutama meningkatnya kecenderungan intensitas hujan dan kemarau panjang akibat El Nino. Hal yang terjadi pada Sungai Karang Mumus di musim kemarau panjang adalah....
- a. Sungai tidak mampu mengalirkan limbah dan sampah sehingga memperparah terjadinya penurunan kualitas air
  - b. Sungai tidak mampu melewati debit aliran sehingga menyebabkan genangan banjir di daerah yang cukup luas
  - c. Sungai mampu mengalirkan limbah dan debit aliran sehingga tidak ada dampak yang ditimbulkan
  - d. Sungai mampu melewati debit aliran sehingga tidak menyebabkan genangan banjir
  - e. Sungai mampu menghasilkan air bersih untuk keperluan sanitasi masyarakat

14. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca pada atmosfer berdampak pada lingkungan kita. Salah satunya adalah ekosistem terumbu karang. Jika jumlah gas rumah kaca terus meningkat, suhu air laut akan mengalami



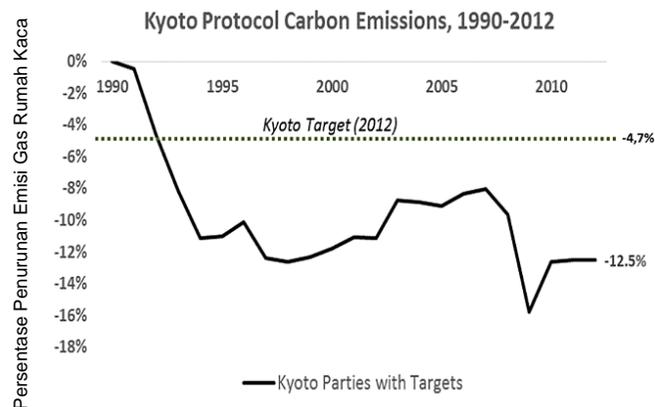
Sumber: Coral Reef Ecology and SCUBA

kenaikan dan menyebabkan peristiwa pemutihan karang. Terumbu karang yang memutih dan kehilangan spesies alga *zooxanthella* akan rentan terkena infeksi serta penyakit, dan dapat diikuti oleh kematian karang, seperti yang terjadi pada ekosistem terumbu karang di Pulau Menjangan, Bali yang ditunjukkan pada gambar di

samping. Berdasarkan hal tersebut, dampak yang akan terjadi jika spesies alga terus meninggalkan terumbu karang adalah kecuali....

- a. Penurunan populasi ikan di laut
- b. Penurunan nilai estetika terumbu karang
- c. Ketidakseimbangan ekosistem terumbu karang
- d. Rusaknya batuan terumbu (batuan kapur)
- e. Kematian spesies karang

15. Conference of the Parties (COP) pada konferensi ketiga yang diselenggarakan di Kyoto tahun 1997, menghasilkan konsensus berupa keputusan untuk mengadopsi suatu protokol yang merupakan dasar bagi negara-negara industri untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Konsensus tersebut kemudian ditandatangani oleh sejumlah negara pada tahun 1998. Negara-negara yang meratifikasi Protokol Kyoto tersebut kemudian menetapkan target penurunan emisi gas CO<sub>2</sub>, sebesar 4,7 % pada tahun 2012. Grafik berikut ini menampilkan persentase penurunan emisi CO<sub>2</sub>, dalam kurun waktu 1990-2012, yang dilaporkan oleh negara-negara anggota Protokol Kyoto.

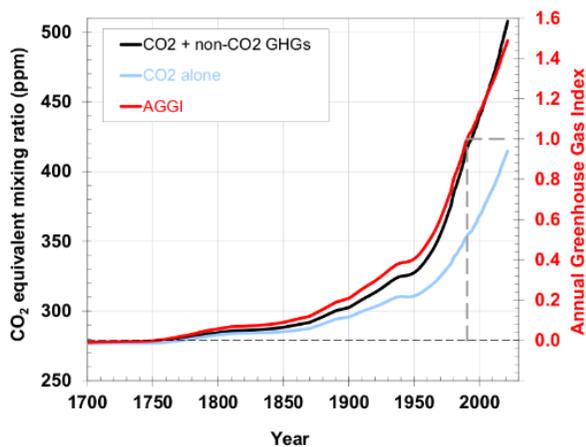


Pernyataan yang sesuai dengan grafik dan penjelasan di atas adalah...

- a. Penurunan signifikan emisi karbon telah terjadi dalam kurun waktu 1990 hingga 1994 sehingga Protokol Kyoto tidak

memberikan dampak terhadap penurunan emisi CO<sub>2</sub> karena jauh sebelum adanya Protokol Kyoto sudah terjadi kecenderungan penurunan emisi gas CO<sub>2</sub>

- b. Penurunan signifikan emisi karbon telah terjadi dalam kurun waktu 1990 hingga 2012 dan melebihi target penurunan emisi CO<sub>2</sub> dalam Protokol Kyoto yaitu 4,7%
  - c. Penurunan signifikan telah terjadi dalam kurun waktu 1990 hingga 1994 dan mencapai keberhasilan menurunkan emisi CO<sub>2</sub> hingga 12,5% pada tahun 2010
  - d. Pada tahun 1994, 4 tahun sebelum Protokol Kyoto ditandatangani, para negara anggota telah mengurangi emisi sebesar 11,2%. Ini sudah jauh di atas target Protokol Kyoto dalam pengurangan CO<sub>2</sub> sebesar 4,7% untuk tahun 2012
  - e. Pada tahun 1998 hingga 2012 telah terjadi penurunan emisi yang signifikan mencapai 12,5%
16. Di tengah pandemi Covid-19 yang terjadi secara global, konsentrasi gas CO<sub>2</sub>, dan gas-gas rumah kaca lainnya mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Dalam laporannya yang dirilis pada 14 Mei 2020, NOAA's Global Monitoring Laboratory menampilkan grafik perubahan kondisi gas-gas (CO<sub>2</sub>, gas-gas rumah kaca lainnya, beserta gas-gas nonrumah kaca) yang terdapat di atmosfer bumi dari tahun ke tahun sebagai berikut.



Perhatikan pernyataan di bawah ini!

- (1) Indeks GRK tahunan (AGGI) menggunakan tahun pembandingan data (*baseline year*) pada tahun 1990.
- (2) Semua gas rumah kaca (GRK) yang ada di atmosfer bumi mulai setara dengan 500 ppm gas karbon dioksida terjadi sekitar tahun 2019.
- (3) Pada tahun 1990, gas CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi mencapai konsentrasi 410 ppm.
- (4) Sebelum tahun 1950, gas rumah kaca (GRK) di atmosfer bumi pernah mengalami penurunan paling signifikan dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya.
- (5) Kenaikan gas rumah kaca (GRK) di atmosfer bumi paling signifikan terjadi di antara tahun 1930 sampai dengan tahun 1940.

Pernyataan yang sesuai dengan grafik di atas adalah....

- a. (1), (2), dan (3)
- b. (1), (2), dan (4)
- c. (2), (3), dan (4)
- d. (2), (3), dan (5)
- e. Semua benar

17. Perhatikan pernyataan di bawah ini!

- (1) Sejak Revolusi Industri dan ekspansi kegiatan pertanian sekitar 200 tahun yang lalu, konsentrasi gas karbon dioksida di atmosfer bumi meningkat.
- (2) Level konsentrasi gas karbon dioksida di atmosfer bumi juga di semakin tinggi akibat kegiatan proses-proses alam yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia.
- (3) Konsentrasi gas-gas di atmosfer (khususnya karbon dioksida) yang tinggi menyebabkan cenderung menyebabkan radiasi inframerah terperangkap di atmosfer di antara permukaan bumi dan lapisan gas rumah kaca, sehingga suhu bumi meningkat.
- (4) Efek rumah kaca pada level konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang tinggi sebenarnya sangat diperlukan bagi kehidupan.

- Pernyataan di atas yang benar adalah .....
- (1) dan (3)
  - (2) dan (4)
  - (1), (2), dan (3)
  - (2), (3), dan (4)
  - Semua benar
18. Kota Samarinda merupakan daerah yang rawan terhadap bencana banjir. Penyebab permasalahan banjir di Kota Samarinda terjadi akibat berlebihnya limpasan permukaan dan tidak tertampungnya limpasan tersebut dalam badan sungai sehingga air meluap. Tidak hanya dipengaruhi oleh faktor alam, banjir di Samarinda juga diakibatkan oleh faktor manusia. Tindakan yang tepat agar dapat mencegah banjir adalah....
- Menutup penampungan air
  - Mendirikan bangunan di pinggir sungai
  - Membuang sampah ke sungai dan selokan
  - Melakukan reboisasi
  - Melakukan konversi lahan untuk pertanian
19. Metode yang tepat dan menjadi strategi paling efektif untuk dapat mengurangi kerusakan akibat perubahan iklim pada masyarakat yang tinggal di kawasan pesisir adalah....
- Mengurangi penggunaan kendaraan pribadi
  - Beralih dari energi nuklir ke bahan bakar fosil
  - Mempertahankan lahan basah di sepanjang sungai dan garis pantai untuk menyerap gelombang badai
  - Membuang sampah
  - Tidak melakukan apa-apa karena tidak ada ide yang akan berhasil karena perubahan iklim berada di luar kendali kita
20. Data yang dikumpulkan oleh para ilmuwan menunjukkan bahwa suhu global rata-rata meningkat dan akan terus meningkat di masa mendatang. Tindakan yang dapat dilakukan oleh komunitas di sekitar Anda agar dapat mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim adalah....

- a. Membeli produk organik seperti buah-buahan dan sayuran
  - b. Membuang sampah pada tempatnya
  - c. Menanam lebih banyak pohon atau mengurangi jumlah pohon yang ditebang
  - d. Melarang penggunaan bahan kimia yang dapat mengakibatkan penipisan lapisan ozon
  - e. Menggunakan kendaraan pribadi daripada menggunakan kendaraan umum
21. Pemerintah daerah Kalimantan Timur telah mengeluarkan berbagai arahan adaptasi dalam berbagai sektor untuk mengatasi dampak perubahan iklim. Salah satunya adalah sektor sumber daya air. Agar dapat memperkuat program dan solusi yang telah ada agar menjadi tahan terhadap perubahan iklim diperlukan berbagai strategi. Perhatikan pernyataan berikut:
- (1) Memperkirakan dampak kenaikan muka air laut dan kekeringan
  - (2) Melakukan upaya penanganan mengenai dampak kenaikan muka air laut
  - (3) Melakukan pengelolaan kawasan rawa dan gambut
  - (4) Membangun kesiapan masyarakat pesisir
  - (5) Melakukan penyusunan pengelolaan bencana pesisir
- Berdasarkan pernyataan di atas. Strategi yang tidak termasuk dalam tindakan adaptasi pada sektor sumber daya air adalah...
- a. (1) dan (3)
  - b. (2) dan (3)
  - c. (3) dan (4)
  - d. (4) dan (5)
  - e. 5 saja
22. Sebagai seorang siswa sekolah, upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak dari perubahan iklim akibat pemanasan global adalah....
- a. Menghemat penggunaan kertas dalam belajar
  - b. Mengatur komputer dalam keadaan *stand by* ketika tidak digunakan
  - c. Menggunakan pendingin ruangan dengan pintu terbuka

- d. Menggunakan kendaraan pribadi ketika pergi ke sekolah
  - e. Menggunakan kantong plastik saat berbelanja
23. Salah satu dampak perubahan iklim yang dirasakan oleh masyarakat di Samarinda adalah banjir. Bencana banjir memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Terjangan banjir dapat merusak sarana dan prasarana berbagai fasilitas umum, kendaraan, bahkan rumah. Hal inilah yang mendorong pemerintah Kalimantan Timur melakukan tindakan adaptasi pada sektor infrastruktur. Salah satu strategi yang dikembangkan pada sektor ini adalah....
- a. Pengembangan sarana penangkapan yaitu kapal yang tahan terhadap perubahan iklim
  - b. Pengembangan sistem peringatan dini akibat bencana
  - c. Pengembangan kebijakan keselamatan gedung dan desain gedung yang memperhatikan ketahanan terhadap perubahan iklim
  - d. Pengembangan sistem data dan informasi terkait perubahan iklim
  - e. Pengembangan manajemen sarana dan prasarana pendukung
24. Tiket transportasi umum baik melalui darat, laut, maupun udara, sekarang tidak lagi dengan menggunakan kertas. Semua menggunakan tiket online yang tidak perlu dicetak. Hal ini merupakan tindakan untuk dapat menghemat penggunaan kertas. Menghemat penggunaan kertas merupakan salah satu cara untuk dapat mengurangi laju pemanasan global. Prinsip yang digunakan dalam hal ini adalah...
- a. *Reduce*
  - b. *Reuse*
  - c. *Recycle*
  - d. *Repair*
  - e. *Replace*
25. Agar solusi dari dampak perubahan iklim dapat terlaksana dengan baik, diperlukan partisipasi masyarakat. Dalam pelaksanaannya, masyarakat bergantung pada institusi politik dan berbagai

- komunitas. Salah satu contohnya adalah komunitas bisnis. Hal yang bukan merupakan tindakan dari komunitas bisnis dalam solusi perubahan iklim adalah...
- a. Mengevaluasi kebijakan iklim yang dibuat oleh pemerintah
  - b. Melakukan pengembangan teknologi ramah iklim
  - c. Mengevaluasi komitmen terkait iklim yang dibuat oleh pemerintah
  - d. Mengedukasi gaya hidup masyarakat agar lebih ramah lingkungan
  - e. Menjadi wadah untuk mendiskusikan masalah lingkungan
26. Salah satu isu global yang sudah ada cukup lama namun secara tidak sadar menjadi masalah yang serius adalah *food waste*. *Food waste* berdampak pada emisi gas rumah kaca dan penggunaan air serta tanah yang tidak efisien sehingga dapat berujung pada kerusakan ekosistem alam. Tindakan yang tepat agar dapat mengurangi jumlah *food waste* adalah...
- a. Menyimpan sayuran pada suhu kamar
  - b. Memilih makanan yang tidak disukai
  - c. Membuat rencana belanja sehingga tidak berlebihan saat berbelanja
  - d. Membeli makanan dengan jumlah yang banyak
  - e. Membuang makanan yang tidak habis
27. Budi selalu membawa keranjang belanja sendiri untuk menaruh bahan belanjaan yang dibelinya di pasar tradisional. Tindakan yang dilakukan oleh Budi merupakan salah satu prinsip untuk meminimalisir sampah. Tindakan yang dimaksud adalah....
- a. *Reuse*
  - b. *Reduce*
  - c. *Recycle*
  - d. *Repair*
  - e. *Replay*

28. Salah satu kontributor terbesar dari *food waste* dihasilkan pada sektor rumah tangga. Faktor yang diperlukan agar dapat mengurangi jumlah *food waste* pada sektor rumah tangga adalah...
- Pilihan makanan, rutinitas belanja, dan perilaku daur ulang
  - Perilaku konsumtif, penanganan makanan, dan rutinitas belanja
  - Pilihan makanan, perilaku konsumtif, dan gaya hidup
  - Gaya hidup, rutinitas belanja, dan perilaku konsumtif
  - Perilaku konsumtif, perilaku daur ulang, dan rutinitas belanja
29. Kelurahan Mugirejo, Samarinda mendapatkan penghargaan trofi Proklamasi utama dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Hal ini tidak lepas dari kebiasaan masyarakatnya dalam melakukan tindakan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Jenis kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat dalam menjalankan Proklamasi adalah...
- Perlindungan mata air, penghijauan, dan pengolahan lahan gambut
  - Penggunaan kompor yang tidak efisien, pengendalian vektor, dan sanitasi
  - Pembukaan lahan dengan membakar, pengelolaan limbah padat, dan pola hidup bersih
  - Penggunaan kompor gerabah, merancang bangunan yang adaptif, dan pembuangan limbah cair ke sungai
  - Perlindungan mata air, pembukaan lahan dengan membakar, dan pembuangan limbah cair ke sungai
30. Hutan tropis lembap mampu menstabilkan iklim di dunia dengan cara menyerap karbon dioksida yang ada di atmosfer. Maka dari itu, diperlukan berbagai upaya agar dapat menjaga kelestarian hutan tropis lembap. Perhatikan pernyataan berikut:
- (1) Melakukan konversi lahan untuk pertanian dan pertambangan
  - (2) Melakukan penebangan liar
  - (3) Menerapkan sistem tebang pilih
  - (4) Melakukan reboisasi
  - (5) Melakukan penebangan secara konservatif

Berdasarkan pernyataan di atas, upaya yang dapat dilakukan agar hutan tropis lembap tetap lestari dan mampu menjalankan fungsinya dengan baik adalah....

- a. (1) dan (2)
- b. (1) dan (3)
- c. (1) dan (5)
- d. (2) dan (4)
- e. (3) dan (5)



## Glosarium

Adaptasi	: penyesuaian terhadap lingkungan
Aerosol	: campuran dari partikel cair padat yang tersuspensi ke dalam medium gas
Albedo	: perbandingan tingkat sinar matahari yang datang ke permukaan dengan yang dipantulkan kembali ke atmosfer
Biodiversitas	: biasa dikenal dengan keanekaragaman hayati yang merupakan semua kehidupan yang ada di bumi, yaitu tumbuhan, hewan, jamur, dan mikroorganisme serta berbagai materi genetik yang dikandungnya dan keanekaragaman sistem ekologi tempat mereka hidup
Deforestasi	: suatu peristiwa hilangnya hutan alam yang diakibatkan oleh penebangan hutan
Drainase	: prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari satu tempat ke tempat lain
Efek rumah kaca	: istilah yang digunakan untuk menggambarkan bahwa bumi memiliki efek seperti rumah kaca di mana panas matahari terperangkap oleh atmosfer bumi
El Nino	: suatu fenomena pemanasan suhu muka laut di atas kondisi normalnya yang terjadi di Samudera Pasifik bagian tengah

Emisi	: merupakan zat-zat pembuangan yang beracun dan dapat membahayakan makhluk hidup serta mencemari lingkungan
Evaporasi	: proses yang terjadi apabila jumlah molekul yang keluar dari permukaan lebih besar daripada jumlah yang kembali ke permukaan air, dapat diartikan pula sebagai penguapan
Flaring	: alternatif pengelolaan gas produk sampingan alami dari dekomposisi sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA)
Frekuensi	: merupakan jumlah, baik itu jumlah getaran, pemakaian, siklus, ataupun peristiwa
Gas rumah kaca	: gas-gas di atmosfer yang dapat menangkap panas matahari
Global	: secara keseluruhan, meliputi seluruh dunia
Good Agriculture Practices (GAP)	: merupakan panduan cara budidaya yang baik, benar, ramah lingkungan dan aman dikonsumsi
Gletser	: sebuah bongkahan es yang terbentuk di atas permukaan tanah yang terbentuk selama ribuan tahun
Hak ulayat	: serangkaian wewenang dan kewajiban suatu masyarakat hukum adat yang berhubungan dengan tanah yang terletak dalam lingkungan wilayahnya
Hidrometeorologi	: merupakan cabang meteorologi yang berhubungan penggunaannya dalam hidrologi
High Conservation Value Forest	: hutan yang bernilai konservasi tinggi

Inersia termal	: kemampuan untuk menyimpan energi panas yang diterima, dan melepaskannya secara bertahap
Insentif	: tambahan penghasilan
Intensitas	: keadaan tingkatan
Intrusi	: proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pantai
Irigasi	: sistem pengairan ke lahan budidaya
Karst	: daerah yang terdiri atas batuan kapur yang berpori sehingga air di permukaan tanah selalu merembes dan mengalir ke dalam tanah
Komoditas	: produk atau barang yang dapat ditukar dengan keuntungan atau barang lain yang sama nilainya
Konduktivitas termal	: ukuran kemampuan untuk dapat menghantarkan panas
Konsekuensi	: merujuk pada akibat atau hasil
Konsentrasi	: ukuran yang menggambarkan banyaknya suatu zat
Konservasi	: proses pengelolaan untuk dapat melestarikan dan melindungi alam
La Nina	: fenomena suhu muka laut di Samudera Pasifik bagian tengah yang mengalami pendinginan di bawah kondisi normalnya
Mitigasi	: serangkaian upaya untuk dapat mengurangi risiko bencana
Partikulat	: partikel udara yang berukuran sangat kecil atau halus
Palm Oil Mill Effluent (POME)	: merupakan limbah cair kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi yang berkontribusi dalam pengurangan emisi gas rumah kaca

Pemanasan global	: peristiwa meningkatnya suhu permukaan bumi secara global
Perubahan iklim	: merujuk pada satu perubahan keadaan rata-rata iklim atau variabilitasnya secara signifikan dalam satu periode yang panjang
Presipitasi	: proses jatuhnya segala materi yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi dalam bentuk cair (hujan) maupun padat (salju)
Radiasi inframerah	: tipe radiasi energi yang tak tampak oleh mata manusia, namun dapat dirasakan panasnya
Reboisasi	: penanaman hutan kembali
Reduksi sampah	: mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah
Rehabilitasi lahan	: upaya untuk dapat memulihkan, mempertahankan, serta untuk meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung produktivitas dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga
Reklamasi	: kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya
Revegetasi	: usaha untuk memperbaiki dan memulihkan vegetasi yang rusak melalui kegiatan penanaman dan pemeliharaan pada lahan bekas penggunaan kawasan hutan
Sanitasi	: suatu usaha pencegahan penyakit yang menitik beratkan kegiatan pada

	usaha kesehatan lingkungan hidup manusia
Sempadan	: merupakan batas
Siklon tropis	: merupakan badai dengan kekuatan yang besar dan merupakan pemicu hujan ekstrem
Surveilans	: proses pengumpulan, pengolahan, analisis, dan interpretasi data secara sistemik dan terus menerus serta penyebaran informasi kepada unit yang membutuhkan untuk dapat mengambil tindakan
Suspensi	: merupakan sediaan cair yang mengandung partikel padat tidak larut yang mengalami penyebaran secara merata dalam fase cair
Tipe monsun	: dipengaruhi oleh angin laut dalam skala yang sangat luas



## Daftar Pustaka

- Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman. (2011). Adaptation and Mitigation of Climate Change in Indonesia (Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia). *Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara BMKG*, 2, 174. [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id).
- Amri, Mulya., Jamalianuri., dan Delphia, Risanti. (2020). Laporan Kajian Perkotaan Samarinda.
- Cook, K. H. (2013). An Introduction to the Climate System 1. *Climate Dynamics*, 1–3.
- Dewi, Jo Kumala., Latipah, Hendarti., Matakupan, Stien., & Lisdiayanta, Triyaka. (2012). *Suplemen Pembelajaran: Perubahan Iklim untuk Guru*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Goodison, B. (2006). The Climate and Cryosphere. *ECMWF Seminar on Polar Meteorology, 4-8 September 2006, September*, 1–10.
- Houghton, J. (2015). *Global Warming: The Complete Briefing* (5th ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lasmi, N. K. (2014). *Mandiri (Mengasah Kemampuan Diri) Fisika untuk SMA/MA Kelas XI Jilid 2*. Erlangga: Jakarta.
- Leggett, J. A. (2020). Evolving assessments of human and natural contributions to climate change. *Climate Change: Background, Funding and Impacts*, 1–28.
- Mathez, E. A., & Smerdon, J. E. (2018). *Climate Change: The Science of Global Warming and Our Energy Future*. 2nd edition. New York: Columbia University Press.
- Mislan, Sudayanto, Ayub, S. O., & Hadiati, D. S. (2018). Penyusunan aksi restorasi sub DAS Karang Mumus dalam perspektif ketahanan air. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018*, 264–275.

- Noor, F., Fadli, M., Rustam, R., Rahmina, R., & Catur, D. (2018). *Master Plan Perubahan Iklim Kalimantan Timur (Master Plan of Climate Change on East Kalimantan)*. January, 149. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23487.00165>.
- Practical Action. (2014). Beat The Flood STEM Challenge. <https://practicalaction.org/schools/beat-the-flood/>.
- Subagiyo, L., Herliani, H., Sudarman, S., & Haryanto, Z. (2019). *Literasi Hutan Tropis dan Lingkungannya*. Samarinda: Mulawarman University Press.
- Subagiyo, L., Nuryadin, A., Sulaeman, N. F., & Widyastuti, R. (2019). Water quality status of kalimantan water bodies based on the pollution index. *Pollution Research*, 38(3), 536–543.
- Sulaiman, M. E., Setiawan, H., Jalil, M., Purwadi, F., S, C. A., Brata, A. W., & Jufda, A. S. (2020). Analisis Penyebab Banjir di Kota Samarinda. *Jurnal Geografi Gea*, 20(1), 39–43. <https://doi.org/10.17509/gea.v20i1.22021>.
- Traction Energy Asia. (2019). Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel di Indonesia Berdasarkan Analisa Daur Hidup (Life Cycle Analysis). Jakarta.
- Widowati, W., & Sutoyo, S. (2009). Upaya mengurangi Penipisan Lapisan ozon. *Buana Sains*, 9(2), 141-146.
- Wolff, N. H., Zeppetello, L. R. V., Parsons, L. A., Aggraeni, I., Battisti, D. S., Ebi, K. L., Game, E. T., Kroeger, T., Masuda, Y. J., & Spector, J. T. (2021). The effect of deforestation and climate change on all-cause mortality and unsafe work conditions due to heat exposure in Berau, Indonesia: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e882–e892. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00279-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00279-5).
- Wulandari, W., & Asih, A. M. S. (2020). Perilaku Rumah Tangga terhadap Food Waste di Indonesia: Studi Literatur. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada*, 93–98. <https://repository.ugm.ac.id/276398/1/OR> 17\_Winda Wulandari\_Perilaku Rumah Tangga terhadap Food Waste di.pdf.

## Profil Penulis



**Octaviani Mutmainah**, lahir di Jambi pada tahun 2000. Pendidikan dimulai di SD Negeri 066 Kota Jambi dan pindah ke SD Negeri 004 Melak Ulu, lalu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Sendawar, dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Sendawar. Pendidikan tinggi ditempuh di Universitas Mulawarman Samarinda pada Program Studi Pendidikan Fisika.



**Abdul Hakim**, sejak 2006 hingga sekarang aktif sebagai dosen pada Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Mulawarman.



**Muliati Syam**, memulai karier sejak 1986 di Universitas Mulawarman dan tahun 2002 hingga sekarang aktif sebagai dosen pada Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Mulawarman.

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan global yang paling mendesak dalam beberapa tahun terakhir. Sebagai calon pemimpin masa depan, penting untuk siswa agar dapat memahami dan menanggapi efek dari perubahan iklim. Pemahaman mengenai prinsip dasar sistem iklim bumi serta komunikasi yang bermanfaat tentang perubahan iklim merupakan kunci utama literasi iklim.

Buku ini berisi uraian materi perubahan iklim terintegrasi STEM dan aspek literasi iklim yang memungkinkan siswa agar dapat membuat solusi terkait dampak perubahan iklim melalui kegiatan proyek. Setelah mempelajari isi buku, diharapkan siswa dapat meningkatkan kesadaran akan perubahan iklim dan dapat mengurangi dampak perubahan iklim melalui tindakan serta sikap yang melekat iklim.

**Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)**

Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581

Telp/Fax : (0274) 4533427

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

✉ [cs@deepublish.co.id](mailto:cs@deepublish.co.id)

📍 Penerbit Deepublish

📱 @penerbitbuku\_deepublish

🌐 [www.penerbitdeepublish.com](http://www.penerbitdeepublish.com)



Kategori : Fisika

ISBN 978-623-02-5271-6

