

FASE E

MODUL AJAR

IPA-FISIKA

SMA NEGERI 1 BALONGPANGGANG

INFORMASI UMUM

Nama Penyusun	: Edy Hariyanto, S.Si.
Satuan Pendidikan	: SMA Negeri 1 Balongpanggung
Tahun	: 2021-2022
Fase	: E
Kelas	: X (Sepuluh)
Alokasi Waktu	: 7 pertemuan (7 x @ 2 JP)
Kompetensi awal	: <ol style="list-style-type: none"> 1. Peserta didik telah mempunyai pemahaman tentang Pengukuran. 2. Peserta didik telah mempunyai pemahaman tentang Keanekaragaman Makhluk Hidup, Interaksi dan Peranannya di Alam. 3. Peserta didik telah mempunyai pemahaman dasar tentang fakta-fakta perubahan lingkungan, misalnya (musim yang tidak menentu, informasi tentang mencairnya es di kutub, dll) 4. Peserta didik telah mempunyai pemahaman dasar tentang hukum dasar kimia dalam kehidupan sehari-hari. (misalnya persamaan reaksi kimia fotosintesis, respirasi, reaksi pembakaran, dll) 5. Peserta didik cenderung mempunyai pemahaman dasar tentang konsep perubahan suhu sama dengan perubahan iklim. 6. Peserta didik telah mempunyai pemahaman dasar tentang efek rumah kaca. 7. Peserta didik telah mempunyai pemahaman dasar tentang aktivitas manusia penyebab perubahan lingkungan, (misalnya penggundulan hutan pemicu terjadinya tanah longsor dan banjir, dll)
Profil Pelajar Pancasila	: <p>Beriman dan Bertakwa Kepada Tuhan Yang Maha Esa Mandiri Kreatif Berkebinekaan Global Gotong Royong Berfikir Kritis</p> <p>*) Pilih Dimensi yang ingin dikembangkan</p>
Sarana dan Prasarana	: <ol style="list-style-type: none"> 1. LMS dan modul ajar 2. Laptop/HP 3. LCD 4. Video 5. Powerpoint 6. LKPD
Target Peserta didik	: Reguler/tipikal
Model Pembelajaran	: <i>Project based Learning</i> menggunakan strategi <i>Flipped Classroom</i>

KOMPONEN INTI

1. TUJUAN PEMBELAJARAN

Peserta didik mampu :

Pertemuan ke-1 dan 2 :

1. Mengidentifikasi fakta-fakta perubahan lingkungan.
2. Menganalisis keterkaitan fakta perubahan lingkungan dengan keberlangsungan makhluk hidup dan ekosistem.

Pertemuan ke-3 :

3. Mengidentifikasi fakta-fakta perubahan lingkungan.
4. Mendeskripsikan el niño dan la niña.
5. Menganalisis keterkaitan el niño dan la niña bagi Indonesia.

Pertemuan ke-4 :

6. Mendeskripsikan pemanasan global.
7. Mendeskripsikan proses efek rumah kaca.
8. Menganalisis hubungan antara proses pembakaran dengan efek rumah kaca.

Pertemuan ke-5 :

9. Mengidentifikasi aktivitas manusia yang menyebabkan kerusakan lingkungan.
10. Menganalisis keterkaitan antara pembalakan liar, alih fungsi lahan, penggunaan CFC dan pembakaran bahan bakar fosil dengan peningkatan suhu bumi.

Pertemuan ke-6 :

11. Menganalisis keterkaitan antara konservasi makhluk hidup dan lingkungan dengan pencegahan kerusakan lingkungan.
12. Menciptakan solusi terhadap perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global.

Pertemuan ke-7 :

13. Mempresentasikan hasil kerja proyek dalam bentuk media kampanye solusi perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global.

2. PEMAHAMAN BERMAKNA

Mengetahui penyebab dan dampak pemanasan global, siswa akan berusaha menjaga lingkungan dengan mengurangi aktifitas yang memicu terjadinya perubahan lingkungan akibat pemanasan global dan menjadi motivasi untuk menjaga dan menumbuhkan rasa cintanya terhadap sesama dan alam semesta

3. PERTANYAAN PEMANTIK

- a. Mengapa sekarang ini udara tidak lagi terasa lebih sejuk dan segar
- b. Mengapa sekarang ini sering terjadi hujan yang sangat deras disertai angin/ puting beliung
- c. Tahukah kalian bahwa sudah beberapa tahun ini, datangnya musim hujan/ musim kemarau hadir lebih cepat dari biasanya. dan lamanya musim penghujan dan kemarau tidak sama dibanding tahun-tahun sebelumnya. Mengapa?
- d. Dari berita, bahwa di luar jawa sering terjadi hujan yang sangat lebat hingga menyebabkan banjir besar, sedangkan di jawa mayoritas masih musim kemarau. kira-kira apakah penyebabnya?
- e. Di indonesia sekarang ini sering terjadi bencana tanah longsor, banjir, banjir bandang, puting beliung, banjir rob, padahal dulu jarang terjadi. Mengapa ?

4. PERSIAPAN PEMBELAJARAN

- A. Persiapan oleh Guru
 - a. Menyiapkan modul ajar dan LMS

- b. Melakukan sosialisasi moda blended learning dengan strategi flipped classroom menggunakan LMS
- c. mengundang peserta didik gabung ke dalam kelas virtual



EDY HARIYANTO


B. Persiapan oleh Siswa

- a. Memahami bagaimana cara belajar dengan moda blended learning dengan strategi flipped classroom menggunakan LMS
- b. Gabung ke dalam kelas virtual yang telah disiapkan
- c. Menyiapkan sumber belajar yang relevan

5. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Pertemuan Pertama dan kedua

(Sub Topik : 8.1 fakta-fakta perubahan lingkungan)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Apersepsi	<p>1. Guru mengajak peserta didik melakukan penilaian diri (<i>self assessment</i>) dan asesmen diagnostic mengenai pemahaman awal tentang pengukuran dan fakta-fakta perubahan lingkungan</p> <p>2. Guru mengajak peserta didik untuk mengidentifikasi musim apakah yang sedang berlangsung saat ini. Apakah musim hujan atau musim kemarau? Kemudian ajaklah mereka mengingat apakah ada perbedaan musim hujan atau musim kemarau tahun ini dengan tahun-tahun sebelumnya ... dan ... tanyakan perbedaannya.</p> <p>3. Guru mengajak peserta didik mengamati Gambar 8.1 tentang perubahan iklim di daerah setempat.</p>  <p>4. Guru mengajak peserta didik berpikir bahwa lingkungan terus mengalami perubahan, misalnya sering banjir, banyak tanah longsor, dll. Tekankan bahwa perubahan lingkungan terjadi menuju ke arah negatif dan perlu adanya tindak</p>	<p>Sumber Belajar Utama :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buku siswa subbab fakta-fakta perubahan lingkungan • Buku siswa Aktivitas 8.1 <p>Sumber Belajar Tambahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://www.republika.co.id/berita/q48dkk414/suhu-permukaan-laut-capaititik-terpanas-apa-dampaknya • https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures 	2 x pertemuan (4 JP)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
		<p>lanjut untuk mencegah hal tersebut.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/ • https://www.climate.gov/news-features/blogs/ensowhat-el-ni%C3%B1o%E2%80%93south-ern-oscillation-ensonutshell • https://ocean.service.noaa.gov/facts/ninon 	

EDY HARIYANTO

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Konstruksi Pengetahuan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru Mengajak peserta didik untuk menyampaikan hal-hal yang mereka alami yang berkaitan dengan perubahan lingkungan. 2. Guru meminta peserta didik membaca subbab fakta-fakta perubahan lingkungan bagian peningkatan suhu bumi, suhu permukaan laut, mencairnya es pada kutub serta peningkatan permukaan air laut. Mintalah peserta didik untuk berdiskusi tentang fakta-fakta tersebut kemudian mengaitkannya dengan keberlangsungan hidup makhluk hidup. 3. Guru menekankan keterkaitan antara perubahan lingkungan dengan keberlangsungan makhluk hidup. 	ina. html	
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Aplikasi Konsep	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru Mengajak peserta didik untuk memprediksi tentang peningkatan suhu bumi dari data-data yang ditemukan pada subbab fakta-fakta perubahan lingkungan. 2. Guru menekankan bahwa perubahan suhu memengaruhi keberlangsungan makhluk hidup dan ekosistem. 		

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Refleksi Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk merefleksi hal-hal telah dipahami dan yang belum dipahami pada pertemuan ini. 2. Guru mengajak peserta didik menyusun pertanyaan-pertanyaan terkait hal-hal yang belum dipahami 3. Guru mengajak siswa menyebutkan kata kunci dalam pembelajaran 		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Tindak Lanjut	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik di dalam kelompok kecil untuk merancang sebuah proyek yang dimulai dengan mengobservasi dan melakukan wawancara tentang perubahan garis pantai atau perubahan musim yang terjadi di daerah setempat. Selanjutnya melakukan pencarian informasi dan wawancara ke BMKG setempat tentang rata-rata suhu tahunan dan rata-rata curah hujan tahunan di daerah setempat sesuai dengan intruksi Aktivitas 8.1. 2. Perhatikan bagaimana proses peserta didik merancang kegiatan sehingga dimensi kreatif, mandiri, bergotong royong dan berpikir kritis dapat terbentuk. 3. Tekankan bahwa proyek yang dilakukan dilaksanakan berkelanjutan sepanjang proses pembelajaran pada Bab Pemanasan Global: Konsep dan Solusi (Aktivitas 1, 2 dan 3) dan di akhir bab akan dipamerkan hasil proyeknya. <p>Catatan: peserta didik dapat melakukan observasi, wawancara dengan tokoh, dinas lingkungan ataupun staff BMKG setempat serta melakukan penelusuran informasi di media sosial yang terpercaya.</p>		
Daring/ asinkronus	Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik melakukan asesmen dan penilaian diri 2. Guru Menyampaikan rencana 		

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
		pembelajaran selanjutnya		



EDY HARIYANTO

Pertemuan Ketiga

(Sub Topik : 8.2 Peningkatan Kadar CO₂ Atmosfer di Balik Peningkatan Suhu Bumi dan efek rumah kaca)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Apersepsi	<ol style="list-style-type: none"> Guru mengajak peserta didik melakukan penilaian diri (<i>self assessment</i>) dan asesmen diagnostic mengenai pemahaman awal tentang pengukuran dan fakta-fakta perubahan lingkungan Guru mengajak <i>peserta</i> didik untuk mendiskusikan tentang perkembangan pelaksanaan Aktivitas 8.1. Selama berdiskusi, perhatikan bagaimana proses peserta didik merancang kegiatan sehingga dimensi kreatif, mandiri, bergotong royong dan berpikir kritis dapat terbentuk. Catatan: Perhatikan sejauh mana pelaksanaan observasi dan wawancara yang telah dilakukan di lingkungan sekitar, perhatikan pula bagaimana hasil wawancara dan observasi yang dilakukan peserta didik. Guru mengajak peserta didik mengingat materi yang telah dipelajari pada pertemuan selanjutnya. Guru menanyakan kepada peserta didik fakta perubahan lingkungan yang mana yang paling berkesan? Mengapa? 	Sumber Belajar Utama : <ul style="list-style-type: none"> Buku siswa Ayo Berlatih Buku siswa Subbab peningkatan kadar CO₂ atmosfer Buku siswa Aktivitas 8.2 Sumber Belajar Tambahan : https://keelingcurve.ucsd.edu/	1 x pertemuan (2 JP)
Daring/ asinkronus	Konstruksi Pengetahuan	<ol style="list-style-type: none"> Guru mengajak peserta didik untuk membaca bagian el niño dan la niña. Guru meminta peserta didik berdiskusi dalam kelompok kecil apakah keterkaitan fakta-fakta perubahan lingkungan yang terjadi 		

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
		<p>sebelumnya dengan el niño dan la niña dan memaparkan hasil diskusinya dengan kelompok lain.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Guru meminta peserta didik berdiskusi secara klasikal apa pengaruhnya el niño dan la niña bagi ekosistem dan makhluk hidup. 4. Guru menekankan kepada peserta didik bahwa perubahan lingkungan berpengaruh pada keseimbangan ekosistem, memengaruhi penyebaran organisme dan dapat memunculkan kepunahan makhluk hidup. 		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Aplikasi Konsep	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk menganalisis dampak apabila el niño atau la niña tidak seimbang. 		
Daring/ asinkronus	Refleksi Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari, hal-hal apa yang masih belum dipahami pada pertemuan ini. 2. Guru meminta peserta didik menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini. 3. Guru menekankan pada peserta didik manfaat belajar pada subbab ini. 		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Tindak Lanjut	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk melanjutkan Proyek pada Aktivitas 8.1 dengan menyusun grafik hasil pengumpulan informasi rata-rata suhu tahunan dan rata-rata curah hujan tahunan daerah setempat. 		
Daring/ asinkronus	Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik melakukan asesmen dan penilaian diri 2. Guru Menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya 		



EDY HARIYANTO

Pertemuan Keempat

(Sub Topik : 8.2 Peningkatan Kadar CO₂ Atmosfer di Balik Peningkatan Suhu Bumi dan efek rumah kaca)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Apersepsi	<p>1. Guru mengajak peserta didik melakukan penilaian diri (<i>self assessment</i>) dan asesmen diagnostic mengenai pemahaman awal tentang efek rumah kaca dan pemanasan global</p> <p style="text-align: center;">Review Perkembangan Proyek</p> <p>2. Guru mengajak peserta didik untuk mendiskusikan tentang perkembangan pelaksanaan Aktivitas 8.1 yakni grafik rata-rata suhu tahunan dan rata-rata curah hujan tahunan daerah setempat. Selama berdiskusi, perhatikan bagaimana proses peserta didik merancang kegiatan sehingga dimensi kreatif, mandiri, bergotong royong dan berpikir kritis dapat terbentuk.</p> <p style="text-align: center;">Persiapan materi selanjutnya</p> <p>3. Guru mengajak peserta didik mengingat materi yang telah dipelajari pada pertemuan sebelumnya dengan melakukan kegiatan Ayo Berlatih.</p> <p>4. Guru menanyakan kepada peserta didik gas penyebab suhu bumi meningkat.</p>	<p>Sumber Belajar Utama :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Buku siswa Ayo Berlatih ● Buku siswa Subbab peningkatan kadar CO₂ atmosfer ● Buku siswa Aktivitas 8.2 <p>Sumber Belajar Tambahan : https://keelingcurve.ucsd.edu/</p>	1 x pertemuan (2 JP)
Daring/ asinkronus	Konstruksi Pengetahuan	<p>1. Guru mengajak peserta didik untuk membaca dan berdiskusi tentang pemanasan global.</p> <p>2. Guru menekankan pada peserta didik bahwa berdasarkan kurva Keeling kadar CO₂ terus meningkat.</p> <p>3. Guru mengajak peserta didik untuk membaca dan berdiskusi tentang proses efek rumah kaca.</p>		

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
		4. Guru menekankan kepada peserta didik bahwa konsentrasi CO ₂ merupakan penyebab tertinggi efek rumah kaca sehingga produksi CO ₂ harus dikurangi.		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Aplikasi Konsep	5. Guru mengajak peserta didik untuk berpikir apakah kegiatan industri dan pembakaran lahan dapat menyebabkan kenaikan kadar CO ₂ .		
Daring/ asinkronus	Refleksi Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari, hal-hal apa yang masih belum dipahami pada pertemuan ini. 2. Guru meminta peserta didik menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini. 3. Guru menekankan pada peserta didik manfaat belajar pada subbab ini. 		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Tindak Lanjut	1. Ajak peserta didik untuk melanjutkan proyek sesuai intruksi Aktivitas 8.2 dengan menganalisis data hasil Aktivitas 8.1 .		
Daring/ asinkronus	Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik melakukan asesmen dan penilaian diri 2. Guru Menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya 		

Pertemuan Kelima

(Sub Topik : 8.3 Aktivitas Manusia yang Menyebabkan Perubahan Lingkungan)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Apersepsi	<p>1. Guru mengajak peserta didik melakukan penilaian diri (<i>self assessment</i>) dan asesmen diagnostic mengenai pemahaman awal tentang aktifitas manusia yang dapat merusak lingkungan</p> <p>Review Perkembangan Proyek</p> <p>2. Guru mengajak peserta didik untuk mendiskusikan tentang perkembangan hasil Aktivitas 8.2. Selama berdiskusi, perhatikan bagaimana proses peserta didik merancang kegiatan sehingga dimensi kreatif, mandiri, bergotong royong dan berpikir kritis dapat terbentuk.</p> <p>Persiapan materi selanjutnya</p> <p>3. Guru mengajak peserta didik mengingat materi yang telah dipelajari pada pertemuan sebelumnya.</p> <p>4. Guru menanyakan kepada peserta didik tentang gas yang menyebabkan efek rumah kaca.</p>	<p>Sumber Belajar Utama :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buku siswa Subbab aktivitas manusia penyebab perubahan lingkungan • Buku siswa Aktivitas 8.2 <p>Sumber Belajar Tambahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/freeon • https://atmosphere.copernicus.eu/monitoring-ozone-layer • https://www.cnn 	2 x pertemuan (4 JP)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Konstruksi Pengetahuan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk membaca dan berdiskusi aktivitas manusia penyebab kerusakan lingkungan, mulai dari kegiatan alih fungsi lahan, pembalakan liar dan penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari. 2. Guru mengajak peserta didik untuk berdiskusi bagaimana kaitan antara aktivitas tersebut dengan peningkatan suhu bumi. 3. Guru menekankan pada peserta didik bahwa aktivitas-aktivitas manusia seperti alih fungsi lahan, pembalakan liar dan penggunaan CFC serta pembakaran bahan bakar fosil menyebabkan terjadi kerusakan lingkungan sehingga aktivitas ini perlu dikurangi atau dihentikan. 	indonesia.com/teknologi/20210203115349-384-601700/sensus-kendaraan-di-indonesia-lebih-dari-133-juta-unit	
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Aplikasi Konsep	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru Mengajak peserta didik untuk berpikir apakah ada aktivitas manusia lainnya yang juga dapat merusak lingkungan. 2. Guru menekankan bahwa aktivitas manusia lain seperti penggunaan pestisida, penggunaan pupuk berlebih, penggunaan sumber daya alam berlebih dan pertanian monokultur juga secara tidak langsung ikut terlibat dalam kerusakan alam yang berkaitan 		

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
		dengan pemanasan global.		
Daring/ asinkronus	Refleksi Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari, hal-hal apa yang masih belum dipahami pada pertemuan ini. 2. Guru meminta peserta didik menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab ini. 3. Guru menekankan pada peserta didik manfaat belajar pada subbab ini. 		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Tindak Lanjut	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk menganalisis penyebab data hasil observasi dan peningkatan suhu pada Aktivitas 8.1 dan Aktivitas 8.2. 		
Daring/ asinkronus	Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik melakukan asesmen dan penilaian diri 2. Guru Menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya 		

EDY HARIYANTO

Pertemuan Keenam

(Sub Topik : 8.4. Solusi Mengatasi Pemanasan Global)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Apersepsi	<p>1. Guru mengajak peserta didik melakukan penilaian diri (<i>self assessment</i>) dan asesmen diagnostic mengenai pemahaman awal tentang kegiatan sederhana dalam mengurangi dampak pemanasan global</p> <p>Review Perkembangan Proyek</p> <p>2. Guru mengajak Peserta didik untuk mendiskusikan perkembangan hasil analisis penyebab data hasil observasi dan peningkatan suhu pada Aktivitas 8.1 dan Aktivitas 8.2, kemudian mendiskusikan alternatif solusi untuk mengatasi atau mencegah penyebab yang ditemukan oleh peserta didik. Selama berdiskusi, perhatikan bagaimana proses peserta didik merancang kegiatan sehingga dimensi kreatif, mandiri, bergotong royong dan berpikir kritis dapat terbentuk.</p> <p>Persiapan materi selanjutnya</p> <p>3. Guru mengajak peserta didik mengingat materi yang telah dipelajari pada pertemuan sebelumnya.</p> <p>4. Guru menanyakan kepada peserta didik aktivitas manusia utama yang menyebabkan peningkatan suhu bumi.</p>	<p>Sumber Belajar Utama :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buku siswa subbab berdamai dengan alam • Buku siswa Aktivitas 8.3 <p>Sumber Belajar Tambahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_alternatif 	2 x pertemuan (4 JP)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Konstruksi Pengetahuan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk membaca dan berdiskusi beberapa alternatif solusi menanggulangi perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global seperti melaksanakan gaya hidup berkelanjutan, konservasi makhluk hidup dan lingkungan serta penggunaan energi alternatif. 2. Guru mengajak peserta didik untuk berdiskusi bagaimana kaitan antara solusi tersebut terhadap pencegahan atau pengurangan perubahan lingkungan yang terjadi. 3. Guru menekankan pada peserta didik bahwa solusi-solusi tersebut adalah salah satu contoh untuk mengatasi perubahan lingkungan, yang terpenting adalah pencegahan dengan mengurangi aktivitas-aktivitas manusia yang berdampak pada lingkungan. 		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Aplikasi Konsep	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru mengajak peserta didik untuk berpikir apakah ada solusi lainnya yang dapat mengatasi perubahan lingkungan. 2. Guru menekankan bahwa ada banyak solusi yang dapat dilakukan untuk pencegahan perubahan lingkungan, akan tetapi yang lebih penting adalah kesadaran kita untuk mengurangi aktivitas-aktivitas yang berdampak negatif pada perubahan lingkungan. 		
Daring/ asinkronus	Refleksi Pembelajaran	<ol style="list-style-type: none"> 4. Guru mengajak peserta didik untuk berdiskusi hal-hal apa yang telah dipelajari, hal-hal apa yang masih belum dipahami pada pertemuan ini. 5. Guru meminta peserta didik menyampaikan pembelajaran apa yang mereka peroleh pada subbab 		

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
		<p>ini.</p> <p>6. Guru menekankan pada peserta didik manfaat belajar pada subbab ini.</p>		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Tindak Lanjut	<p>7. Guru mengajak peserta didik untuk melanjutkan proyek sesuai intruksi pada Aktivitas 8.3 dengan menciptakan sebuah solusi terhadap suatu permasalahan lingkungan yang mereka pilih dari hasil observasi.</p> <p>Catatan: Tekankan agar proyek yang dilakukan menghasilkan solusi nyata, misal pengolahan limbah organik menjadi pupuk cair, pengembangan teknologi untuk mengolah limbah, mendeskripsikan energi alternatif, dll.</p> <p>2. Guru meminta peserta didik untuk menuliskan solusinya dengan menggunakan berbagai media yang akan dipresentasikan pada pertemuan berikutnya.</p> <p>Catatan: Peserta didik dapat mempresentasikan solusinya dengan proster, infografis, power point, foto, video atau podcast.</p>		
Daring/ asinkronus	Penutup	<p>3. Guru mengajak peserta didik melakukan asesmen dan penilaian diri</p> <p>4. Guru Menyampaikan rencana pembelajaran selanjutnya</p>		

EDY HARIYANTO

Pertemuan Ketujuh

(Mengkampanyekan hasil **Proyek**)

Moda	Tahapan/ Langkah	Aktivitas Pembelajaran	Sumber Belajar	Alokasi Waktu
Daring/ asinkronus	Apersepsi	1. Guru menanyakan kesiapan peserta didik dalam menampilkan media kampanye solusi perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global.	<p>Sumber Belajar Utama :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buku siswa <p>Sumber Belajar Tambahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_alternatif 	2 x pertemuan (4 JP)
Daring/ asinkronus	Konstruksi Pengetahuan	<p>1. Guru mengajak peserta didik untuk mempresentasikan media kampanye solusi permasalahan lingkungan.</p> <p>2. Guru memperhatikan bagaimana proses presentasi dan diskusi peserta didik sehingga dimensi kreatif, mandiri, bergotong royong dan berpikir kritis dapat terbentuk.</p>		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkr	Aplikasi Konsep	1. Guru meminta peserta didik untuk memberikan solusi terhadap penggunaan bahan bakar minyak		

onus		dalam kendaraan bermotor yang menyebabkan perubahan lingkungan sebagai dampak pemanasan global.		
Daring/ asinkronus	Refleksi Pembelajaran	1. Guru mengajak peserta didik melakukan refleksi terhadap proses pengerjaan proyek yang dilakukan selama ini. Gali pengalaman-pengalaman menarik yang dihadapi. Beri penekanan dalam pembentukan dimensi Profil Pelajar Pancasila. Guru melakukan penilaian proyek pada kegiatan ini..		
Daring/ asinkronus dan PTM/sinkronus	Tindak Lanjut	1. Guru meminta peserta didik untuk mengunggah media kampanyenya di media sosial yang mereka miliki. 2. Guru meminta peserta didik untuk memonitor dan aktif menyebarkan media kampanye ini sebagai bagian dari tujuan pembangunan yang berkelanjutan (SDGs).		
Daring/ asinkronus	Penutup	1. Guru mengajak peserta didik melakukan asesmen dan penilaian diri		

ASESMEN

I. ASESMEN DIAGNOSTIK

a. Asesmen Diagnostik Nonkognitif

- Penilaian Diri (Sebelum mengikuti Proses Belajar)

No	Pernyataan	STS	TS	S	SS
1	Suasana hati saat ini sedang bersemangat mengikuti Proses Belajar				
2	Saya Sudah memahami bagaimana cara belajar dengan strategi ini				
3	Saya sangat termotivasi mengikuti proses pembelajaran dengan metode ini				
4	LMS yang digunakan mmudah diakses dan dikerjakan				

5	Saya sudah mempunyai rencana belajar dengan strategi ini				
6	Guru sudah memberi gambaran bagaimana belajar dengan strategi ini				
SARAN :					

b. Asesmen Diagnostik Kognitif

Jawablah pertanyaan berikut :

1. Apa yang dimaksud dengan pengukuran, Pengukuran tunggal, dan pengukuran berulang ?
2. Perhatikan Tabel berikut

	Waktu pengamatan	Tinggi tanaman
1	Hari ke-1	0
2	Hari ke-2	2
3	Hari ke-3	3,4
4	Hari ke-4	5

- a. Menurut kamu, garfik apa yang sebaiknya digunakan (Lingkaran, Batang, Garis) ? Berikan alasannya
 - b. Prediksi kamu kira-kira berapa tinggi tanaman pada hari ke-5 ? Berikan alasannya
3. Jelaskan apa yang dimaksud keaneka ragaman hayati? Apakah ada faktor pengaruh lingkungan yang mempengaruhinya? Jelaskan
 4. Sekarang ini sering terjadi bencana (tanah longsor, puting beliung, banjir, dll) Menurut kamu apakah penyebabnya?
 5. Apakah ada peranan manusia dalam peristiwa bencana alam (no.4) tersebut
 6. Jelaskan yang dimaksud Respirasi dan fotosintesis ?
 7. Tuliskan persamaan reaksi kimia dalam peristiwa respirasi dan fotosintesis tersebut
 8. Jika kalian membakar sampah, zat apa sajakah yang dihasilkan? Menurut kamu Apa pengaruhnya bagi lingkungan dan manusia ?
 9. Jika Kendaraan bermotor semakin banyak, zat apa sajakah yang dihasilkan? Menurut kamu Apa pengaruhnya bagi lingkungan dan manusia ?
 10. Menurut kamu, apa penyebab kebakaran hutan ? apakah ada peranan manusia dalam peristiwa tersebut? Jelaskan

II. ASESMEN FORMATIF

- a. Asesmen Formatif Tertulis
 - o Mengerjakan LKPD
- b. Asesmen Formatif Tidak Tertulis
 - o **Penilaian diri**
 - **Penilaian Diri (Setelah mengikuti Proses Belajar)**

No	Pernyataan	STS	TS	S	SS
1	Suasana hati saat ini sedang bersemangat mengikuti Proses Belajar				

2	Saya sangat termotivasi mengikuti proses pembelajaran dengan metode ini				
3	Saya mudah memahami materi yang disampaikan dengan metode pembelajaran ini				
4	Materi dan soal yang dibahas sesuai dengan tujuan pembelajaran yang harus saya capai				
5	Urutan materi yang disampaikan mudah saya pahami				
6	Tugas dan soal yang harus dikerjakan sangat menyulitkan				
SARAN :					



EDY HARIYANTO

- **Penilaian Diri (Dalam Diskusi Kelompok)**

No	Pernyataan	STS	TS	S	SS
1	Selama diskusi, saya ikut serta mengusulkan ide/gagasan.				
2	Ketika kami berdiskusi, setiap anggota mendapatkan kesempatan untuk berbicara.				
3	Selama diskusi saya selalu memaksakan agar ide gagasan saya diterima dalam kelompok				
4	Saya senang jika ide gagasan saya dimanfaatkan/ diterima oleh kelompok diskusi				
5	Dalam kelompok saya ada anggota yang dominan ketika diskusi kelompok				
6	Saya ikut serta dalam membuat kesimpulan hasil diskusi kelompok.				
SARAN :					

- **Proyek**

- **Rubrik Penilaian Proyek**

No	Aspek	Skor terpenuhi	Poin diisi dengan angka pilihan 1, 2, 3, atau 4	Total poin
1	Perencanaan	Mengumpulkan sumber informasi: data dan wawancara tentang suhu dan curah hujan		
		Rancangan jadwal proses pelaksanaan Proyek .		
		Pemilihan media komunikasi (kampanye).		

2	Proses pelaksanaan Proyek	Menganalisis sumber informasi baik berupa data dan wawancara tentang suhu dan curah hujan, serta solusi mengatasi permasalahan lingkungan.		
		Kerjasama kelompok.		
3	Hasil produk media komunikasi (kampanye)	Daya tarik media (mempunyai nilai seni).		
		Kebenaran isi media sesuai konten.		
		Kemudahan memahami media.		
4	Presentasi	Penggunaan Bahasa yang baik dan benar.		
		Penyampaian mudah dipahami.		
		Daya tarik media yang digunakan.		
		Kekompakan.		
Nilai total = (total poin seluruh aspek) / 48 × 100				

4 : dilakukan dengan sangat baik

3 : dilakukan dengan baik

2 : dilakukan dengan kurang baik

1 : tidak dilakukan

o **performance presentasi dan diskusi**

▪ **Rubrik Penilaian Diskusi Kelompok**

No	Aspek yang Dinilai	1	2	3	4	JML
1	Penguasaan materi diskusi					
2	Kemampuan menjawab pertanyaan					
3	Kemampuan mengolah kata					
4	Kemampuan menyelesaikan masalah					

$$Nilai = \frac{JML}{JML \text{ MAKSIMUM}} \times 100$$

III. ASESMEN SUMATIF

a. Asesmen Formatif Tertulis

- Mengerjakan soal di akhir pembelajaran

Berilah lingkaran pada B jika menurut kamu pernyataan Benar dan S jika pernyataan Salah dan berilah alasan pada kolom di sampingnya!

No	Pernyataan	Benar	Salah
	Peningkatan panas permukaan bumi mengakibatkan air laut semakin panas sehingga air laut akan mengembang atau bertambah volumenya.		
	Perubahan iklim yang tidak stabil disebabkan oleh uap air yang dapat menyerap dan memantulkan panas.		
	Salah satu cara untuk mengurangi pemanasan global yaitu dengan melakukan reboisasi karena tumbuhan merupakan satu-satunya makhluk hidup yang dapat mengubah gas CO ₂ menjadi gas O ₂ .		
	Energi nuklir dalam kaitannya dengan fenomena pemanasan global tidak disarankan untuk digunakan karena menghasilkan lebih banyak gas CO ₂ dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil.		
	Efek rumah kaca sangat merugikan semua makhluk hidup yang ada di bumi karena dapat menyebabkan pemanasan global.		
	Tingkat kesehatan yang menurun merupakan salah satu dampak terjadinya pemanasan global. Penyakit paru-paru, diare, penyakit kulit, HIV/AIDS, dan gagal ginjal merupakan contoh penyakit-penyakit yang diakibatkan pemanasan global.		
	Ketinggian gunung yang berkurang merupakan salah satu karakteristik atau ciri terjadinya pemanasan global.		
	Efek dari pemanasan global hanya dapat dirasakan di bumi.		
	Daur ulang sampah plastik dapat menghambat terjadinya pemanasan global karena mengurangi emisi gas metana yang dihasilkan oleh sampah.		
	Fenomena mekarnya tumbuhan di Kutub Utara merupakan salah satu dampak positif yang ditimbulkan oleh pemanasan global.		

b. Asesmen Formatif Tertulis

- Portofolio

G. PENGAYAAN DAN REMEDIAL

Pengayaan 1

1. Sumber blog bukan merupakan sumber yang valid, karena sumber tersebut tidak dapat dipertanggungjawabkan isinya, siapapun dapat menulis di blog.

2. Pengaruh kenaikan permukaan air laut terhadap perputaran Bumi
 - Ketika es di kutub mencair dan menutupi daratan telah terjadi perpindahan massa air, akan menyebabkan perubahan poros rotasi bumi dan memengaruhi gerak bumi terhadapnya.
 - Profesor geofisika Universitas Harvard, Jerry Mitrovica, mengungkap hubungan antara kenaikan permukaan air laut akibat mencairnya es kutub dengan rotasi Bumi menggunakan pemodelan komputasi dan metode kalkulasi tertentu. Hasil studi menyebutkan bahwa dalam kurun waktu 2500 tahun, Bumi mengalami perlambatan rotasi Bumi, kaitannya dengan interaksi antara mantel Bumi dan inti Bumi, serta kenaikan permukaan air laut pasca zaman es.
 - Bumi melambat 4,5 jam sejak 500 SM seiring peningkatan permukaan air laut. Rata-rata perlambatan rotasi Bumi setiap tahun adalah 2,4 detik.

“Muka Air Laut Meningkat, Gerak Bumi Semakin Lambat”

Sumber: <https://sains.kompas.com/read/2015/12/14/14361251/Muka.Air.Laut.Meningkat.Gerak.Bumi.Semakin.Lambat>.

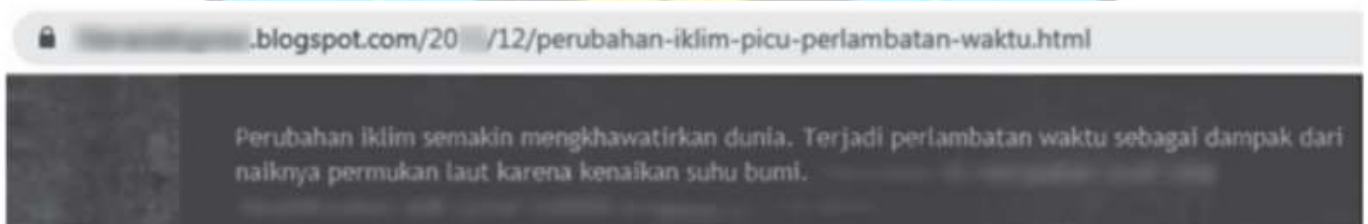
Setelah kalian memahami Penyebab dan proses terjadinya pemanasan Global, analisis bagaimana cara mengurangi penyebab pemanasan Global dan bagaimana sikap kalian setelah memahami tentang penyebab dan proses terjadinya pemanasan Global

Remedial

- Baca lagi dan fahami penyebab dan proses terjadinya pemanasan global, jika masih ada kesulitan bisa kalian konsultasikan dengan ibu melalui chat atau WA Call
- Kerjakan Ulang Soal Benar salah di akhir pembelajaran

Pengayaan 2

Kalian menemukan sebuah pernyataan pada sebuah artikel.



1. Apakah sumber bacaan tersebut merupakan sumber bacaan yang valid? Jelaskan alasan jawaban Kalian.
2. Lakukan diskusi kelompok apakah pernyataan di atas benar atau tidak. Berikan alasan Kalian dengan menjelaskan “pengaruh kenaikan permukaan air laut terhadap perputaran Bumi”.



EDY HARIYANTO

LAMPIRAN



EDY HARIYANTO

Lembar Kerja Peserta Didik

Aktivitas 8.1

Ayo Mengobservasi dan Mencari Data

1. Lakukanlah observasi di lingkungan sekitar Kalian, untuk yang lokasinya di sekitar pantai, amatilah dan lakukan wawancara tentang perubahan garis pantai sedangkan untuk lokasinya jauh dari pantai perhatikan pergeseran musim dan perubahan lamanya musim hujan dan musim kemarau. Kalian juga dapat melakukan observasi perubahan siklus hidup atau reproduksi hewan dan tumbuhan tertentu yang ada di sekitar Kalian.
2. Lakukanlah pencarian data ke badan BMKG tentang rata-rata suhu tahunan dan rata-rata curah hujan tahunan di daerah Kalian setidaknya selama 10 tahun belakangan ini. Jika tidak memungkinkan untuk berkunjung, Kalian dapat melakukan wawancara secara daring ataupun melalui telepon dengan salah satu petugas BMKG. Kalian juga dapat mencari informasi melalui internet tentang data tersebut. Tampilkan data yang telah Kalian temukan dalam bentuk grafik.

AYO BERLATIH (halaman 185)

Tentukan benar atau salah pernyataan berikut.

No	Pernyataan	Benar	Salah
1	Selama El Niño melanda Indonesia, terdapat banyak daerah yang dilanda bencana banjir dan longsor.		
2	Terumbu karang memutih akibat peningkatan suhu air laut.		
3	Pada tahun 2020, peningkatan suhu permukaan Bumi sudah mencapai batas anomali yang tidak diperbolehkan pada perjanjian Paris.		
4	Gas rumah kaca merugikan dan tidak dibutuhkan Bumi.		

Nah, cocokkan jawaban Kalian dengan ulasan berikut. Salah satu gas penyebab efek rumah kaca adalah CO₂.

KABUPATEN GRESIK
EDY HARIYANTO

Aktivitas 8.2

Ayo Analisis

Berdasarkan hasil observasi dan pencarian data yang Kalian lakukan pada Aktivitas 8.1, kaitkanlah hubungan antara hasil observasi dengan data suhu dan curah hujan yang Kalian dapatkan pada Aktivitas 8.1 dan jawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apakah ada pergeseran garis pantai ke arah daratan?
2. Adakah daerah di pantai yang dulunya tidak pernah terkena air pasang atau banjir rob dan dalam beberapa waktu terakhir terendam air pasang atau banjir rob?
3. Adakah perubahan suhu rata-rata dari tahun ke tahun?
4. Apakah terjadi perubahan curah hujan dari tahun ke tahun?
5. Apakah terjadi pergeseran musim dari tahun ke tahun?
6. Apakah hubungan antara data suhu rata-rata dengan hasil observasi keadaan lingkungan yang Kalian temukan.

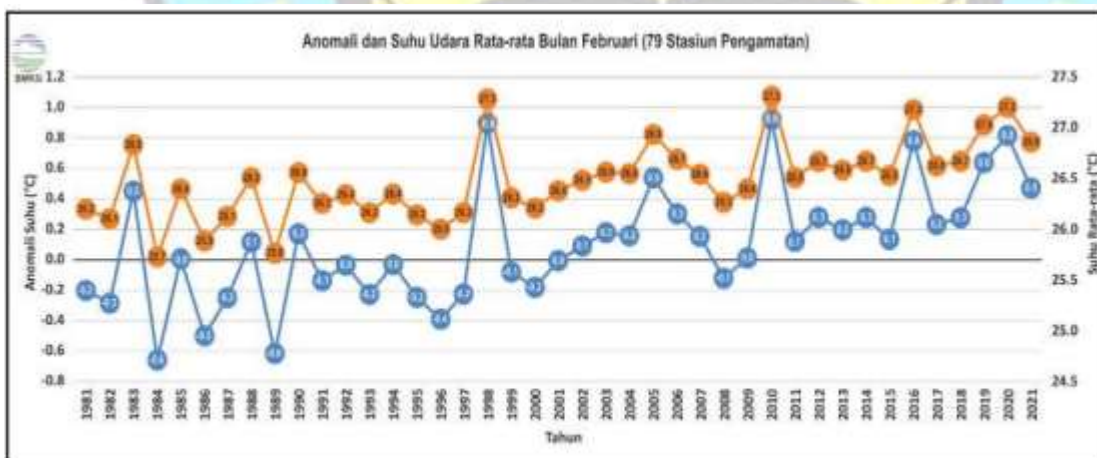
Aktivitas 8.3

Ayo Tentukan Solusi

Diskusikan bersama kelompok Kalian mengenai penyebab dan solusi terbaik yang dapat Kalian terapkan untuk mengatasi permasalahan perubahan lingkungan akibat *global warming*. Solusi yang Kalian ajukan dapat berupa benda ataupun tindakan nyata. Kampanyekanlah solusi yang Kalian ciptakan dengan media presentasi yang menarik, seperti poster, infografs, video ataupun podcast. Solusi akan dipresentasikan pada waktu yang ditentukan dan media kampanye akan dipublikasikan pada media sosial yang Kalian miliki.

Ayo Cek Pemahaman

A. Amatilah data berikut ini.



Gambar 8.14. Anomali suhu udara Indonesia sepanjang periode data pengamatan sejak 1981-2021

1. Berdasarkan data di atas, berapakah suhu udara rata-rata normal untuk wilayah Indonesia?
2. Pada tahun berapakah anomali suhu udara rata-rata paling ekstrem terjadi di wilayah Indonesia?
3. Tentukanlah rerata anomali suhu udara rata-rata dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Releksikanlah apa yang telah terjadi di Indonesia dalam kurun waktu tersebut hingga terjadi anomali suhu udara rata-rata didukung dengan data-data dari sumber terpercaya.

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

Kalian telah membaca fakta bahwa es kutub telah banyak mencair. Mengapa informasi tersebut menjadi sangat penting bagi kita? Jelaskan pengaruh mencairnya es kutub terhadap

Indonesia. Lengkapi penjelasan Kalian dengan data dan fakta yang Kalian dapatkan dari sumber yang relevan.

C. Pelajari penjelasan berikut ini.

Para peneliti mencoba melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap jenis kelamin penyu hijau. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa suhu yang lebih hangat menyebabkan dihasilkan lebih banyak penyu betina sedangkan suhu dingin dihasilkan penyu jantan.

1. Tentukanlah benar atau salah pernyataan berikut

No	Pernyataan	Benar	Salah
1	Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis kelamin penyu.		
2	Peneliti akan memberikan berbagai perlakuan suhu yang berbeda saat telur dierami dalam pasir.		
3	Hasil penelitian ini akan digunakan sebagai dasar pembiakan penyu hijau.		

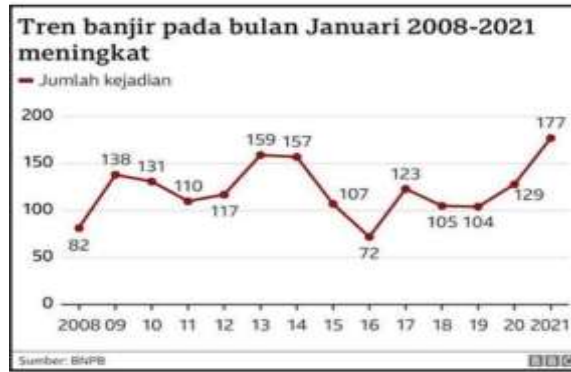
2. Prediksilah bagaimana jenis kelamin penyu pada tahun ini dibandingkan 20 tahun yang lalu. Mengapa?

D. Simaklah penjelasan berikut ini.

Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 372 bencana alam telah terjadi di Indonesia dalam kurun dua bulan terakhir pada tahun 2021. Dilansir dari antaranews.com, per tanggal 8 Februari 2021, bencana tersebut meliputi 227 kejadian banjir, 66 kejadian puting beliung, 60 kejadian tanah longsor, 7 kejadian gempa bumi dengan magnitudo besar, 7 kejadian gelombang pasang atau abrasi, serta 4 kejadian kebakaran hutan dan lahan. Dilansir dari Kompas.com, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geosika (BMKG) mencatat sudah terjadi 646 gempa bumi terjadi dan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) mencatat 21 gunung berapi di Indonesia berstatus waspada sepanjang Januari 2021. Jika dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, peristiwa yang benar-benar mencolok adalah banjir. Pada Gambar 8.15, terlihat bahwa peningkatan kejadian banjir meningkat secara signifikan di awal tahun 2021.

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Apa itu bencana hidrometeorologi? Berdasarkan cuplikan berita di atas, uraikanlah jumlah bencana yang termasuk ke dalam kategori bencana hidrometeorologi yang telah terjadi di awal tahun 2021.
2. Perhatikanlah Gambar 8.15, terdapat grafik kejadian banjir dari tahun 2008 hingga Januari 2021 di Indonesia. Menurut Kalian, adakah hubungan antara grafik pada Gambar 8.15 dengan grafik pada Gambar 8.14? Jelaskanlah jawaban Kalian didukung dengan teori dan data terkait yang Kalian dapatkan dari sumber terpercaya.



Gambar 8.15. Grafik peristiwa banjir dari tahun 2008 hingga Januari 2021

Sumber: BBC/BNPB (2021)



EDY HARIYANTO

Ayo Refleksi

Sebagai masyarakat global kita perlu memiliki sikap kebhinnekaan global. Bumi tempat kita tinggal bersama-sama ini harus dijaga dan dilestarikan. Ini adalah tanggung jawab bersama.



“As we collectively address our climate emergency, no solution should be left behind”

*- Antonio Guterres,
United Nations Secretart-General*

Sumber foto: Antaranews.com/Eduardo Munoz (2020)

Coba Kalian renungkan kalimat yang ditulis oleh Sekretaris Jenderal PBB, Antonio Guterres.

Tuliskanlah releksi berikut ini pada buku latihan Kalian:

- Apakah yang sudah Kalian lakukan selama ini sehingga bumi berada dalam kondisi darurat iklim dan terjadi perubahan lingkungan?
- Apakah Kalian mau mengubah sikap dengan cara turut menjaga kelestarian lingkungan?
- Kontribusi apa yang sudah dan akan Kalian lakukan untuk melestarikan alam?



EDY HARIYANTO

Lembar Kerja Peserta Didik
(LKPD-1)

Nama	:	_____
Kelas	:	_____
No.absen	:	_____

TUJUAN

1. Menganalisis data penyebab permasalahan lingkungan
2. Menjelaskan dampak permasalahan lingkungan bagi kehidupan sehari-hari
3. Merumuskan gagasan pemecahan masalah yang terjadi di lingkungan sekitar

PETUNJUK KERJA

Tuliskan nama kelompok di kolom yang telah disediakan
Kerjakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan bekerjasama dengan anggota kelompok lain
Mintalah bantuan guru apabila menemui kesulitan dalam memahami langkah kerja atau pertanyaan dalam LKPD

Permasalahan 1

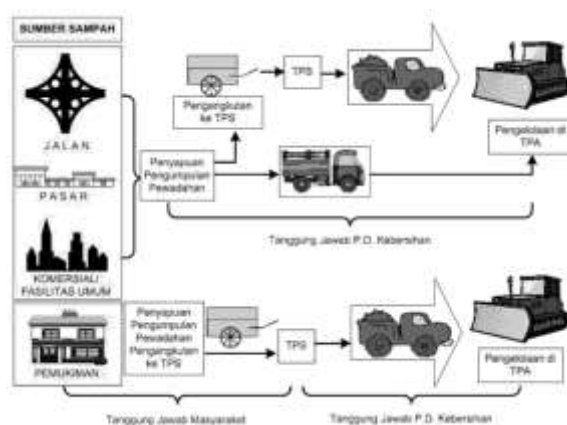
Sebagai pusat kegiatan nasional, kawasan Cekungan Bandung memiliki kawasan-kawasan dengan aktifitas tinggi. Timbunan sampah perkotaan kawasan ini termasuk kategori timbunan sangat tinggi melebihi 3000 m³/hari dengan sumber terbesar adalah Kota Bandung dan Kabupaten Bandung. Pola pengelolaan sampah yang diterapkan di kota-kota di wilayah ini masih pola operasi konvensional, yaitu konsep kumpul-angkut-buang. Pola ini menyebabkan tingginya beban penimbunan sampah di TPA.

Tabel 1. Proyeksi Timbunan sampah di Metropolitan Bandung

Daerah	Timbunan (m ³ /hari)				
	2005	2010	2015	2020	2025
Cipeundeuy	236	275	320	373	435
Padalarang	358	417	486	566	660
Lembang	315	367	427	498	581
Margahayu	760	885	1.032	1.203	1.402
Jatinangor	25	29	34	39	46
Cicalengka	324	378	440	513	598
Majalaya	425	496	578	673	785
Banjaran	374	436	508	592	690
Pangalengan	193	225	262	306	356
Ciwidey	340	396	461	538	627
Soreang	340	396	461	538	627
Cililin	230	268	312	364	424
Bandung-Cimahi	9.220	10.745	12.524	14.596	17.011
Total	12.971	15.117	17.619	20.535	23.933

Wilayah Bandung

Pengelolaan kebersihan di Bandung ditangani oleh Perusahaan Daerah Kebersihan (PD. Kebersihan). Perusahaan daerah ini dibentuk untuk menggantikan peran dan fungsi pelayanan pengelolaan sampah atau kebersihan kota yang sebelumnya diselenggarakan oleh Dinas Kebersihan Kota. Gambar 1 memperlihatkan pola pelayanan sampah di kota Bandung.



Gambar 1. Pola pelayanan sampah di Kota Bandung

Tabel 2. Jumlah timbunan dan sampah terangkut

Sumber timbunan	Timbunan sampah (m ³ /hari)	Terangkut (m ³ /hari)
Pemukiman	3.978	3.063
Pasar	613	459
Jalan	449	295
Industry	787	366
Usaha/komersial	312	168
Fasilitas umum	1.361	184
Jumlah	7.500	4.535

Berdasarkan data sampah terangkut, dapat dilihat bahwa persentase pengangkutan sampah di Kota Bandung rata-rata baru mencapai 60%. Timbunan sampah (limbah padat domestik) dari berbagai sumber di Kota Bandung.

Melalui analisis artikel di atas, jawablah pertanyaan di bawah ini!

2. Mengapa daerah kota Bandung dan Cimahi merupakan sumber terbesar penimbunan sampah menurut data tabel 1. Proyeksi Timbunan sampah di Metropolitan Bandung?

Jawab:.....
.....
.....

3. Setelah menganalisis pola pelayanan sampah di kota Bandung, Sebutkan 3 faktor-faktor yang berpengaruh terhadap timbunan sampah sehingga tidak dapat terangkut!

Jawab:.....
.....
.....

4. Apa dampak dari timbunan sampah yang tidak dapat terangkut hingga TPA?

Jawab:.....
.....
.....

5. Berikan usulan pemecahan masalah pada timbunan sampah sesuai dengan komposisi banyaknya sampah!

Jawab:.....
.....
.....



EDY HARIYANTO

Lembar Kerja Peserta Didik

(LKPD-2)

Nama	:	_____
Kelas	:	_____
No.absen	:	_____

Menjelaskan penyebab dan proses terjadinya pemanasan global

1. Setelah kalian mengamati video

(<https://www.youtube.com/watch?v=BZ8YE71vTkl>), berikut disajikan gambar mengenai kejadian kejadian karena tindakan manusia, melalui diskusi kelompok, amati gambar dan analisis mengapa aktivitas tersebut menyebabkan efek pemanasan global.

NO	GAMBAR	ANALISIS
1.		
2.		
3.		

NO	GAMBAR	ANALISIS
	Ali fungsi hutan menjadi lahan perkebunan kelapa sawit	
4.		
5.		

2. Sebutkan penyebab lain yang dapat mempercepat terjadinya pemanasan global.

3. Setelah mengetahui penyebab pemanasan global, diskusikan bagaimana proses terjadinya pemanasan global

EDY HARIYANTO

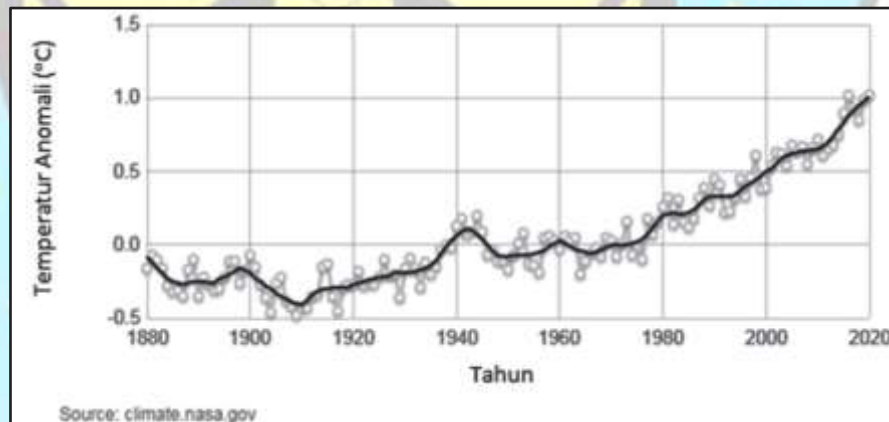
BAHAN BACAAN

Pemanasan Global: Konsep dan Solusi

Kata Kunci	Tujuan Pembelajaran
<ul style="list-style-type: none">• Perubahan lingkungan• Pemanasan global• Kenaikan suhu bumi• Gas rumah kaca• Efek rumah kaca• Kenaikan kadar CO₂• Low Carbon Education	<p>Setelah mempelajari Bab ini, Kalian dapat</p> <ol style="list-style-type: none">1. mengidentifikasi fakta-fakta perubahan lingkungan,2. menganalisis dampak perubahan lingkungan,3. mengidentifikasi aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan, dan4. menciptakan solusi untuk mengatasi perubahan lingkungan

8.1. Fakta-Fakta Perubahan Lingkungan

Pemanasan Global: Peningkatan Suhu Permukaan Bumi



Gambar 8.2. Graik perubahan suhu permukaan global relatif terhadap suhu rata-rata 1951-1980 Sumber: climate.nasa.gov/NASA (2020)

Pemanasan global, tentu Kalian sudah tidak asing lagi dengan istilah tersebut bukan? Pemanasan global merupakan gejala **peningkatan** rata-rata suhu permukaan Bumi. Berdasarkan analisis data yang dihimpun oleh para ilmuwan di Institut Goddard NASA untuk Studi Luar Angkasa (GISS) yang ditunjukkan pada Gambar 8.2, Bumi telah mengalami peningkatan suhu global rata-rata lebih dari 1 °C sejak 1880. Badan Meteorologi Dunia (WMO) memprediksi kenaikan suhu udara hingga 1,5 °C pada 2024. Apa buktinya **bahwa** telah terjadi pemanasan global? Mari telusuri fakta-fakta berikut ini.

1. Peningkatan Suhu Permukaan Air Laut

Berdasarkan data yang dirilis badan Pengamat kondisi samudera dan atmosfer Amerika NOAA, suhu samudra secara global mengalami peningkatan sebesar 0,02 °C pada Agustus 2019. Permukaan laut mencapai suhu tertingginya sepanjang sejarah pada 2019. Suhu air laut meningkat dua sampai tiga derajat Celcius dibandingkan dengan tiga sampai lima juta tahun sebelumnya.

Ekosistem laut merupakan ekosistem yang paling sensitif terhadap peningkatan suhu. Pemanasan ini terjadi hingga kedalaman 700 meter dari permukaan laut. Berdasarkan pembagian zona lautan, wilayah kedalaman tersebut memiliki keanekaragaman hayati paling besar.

Suhu perairan berpengaruh pada karang. Meningkatnya suhu perairan menyebabkan karang mengalami pemutihan (*bleaching*), sehingga karang sulit tumbuh dan rentan penyakit sehingga terjadi kematian masal. Seperti yang telah kita ketahui bahwa karang merupakan habitat berbagai biota laut. Ketika karang mengalami kerusakan berarti kehidupan biota laut lainnya terancam.



Gambar 8.3. Makhluk Hidup yang Bergantung pada Suhu Permukaan Air Laut

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

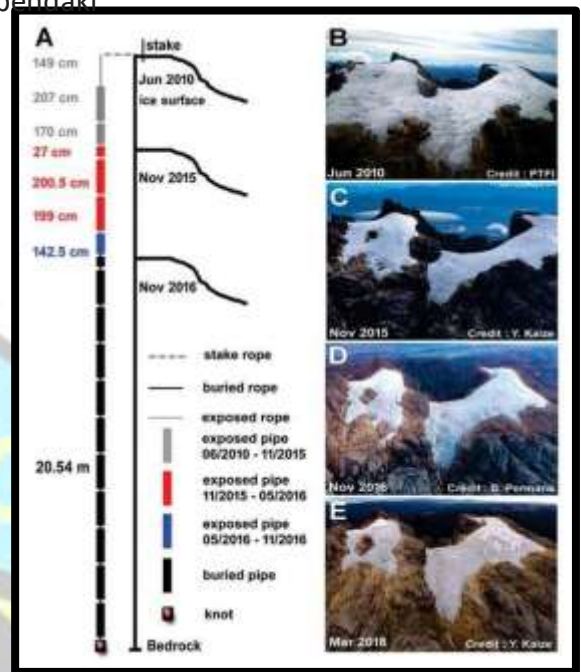
Beberapa spesies memiliki siklus hidup dan proses reproduksi yang dipengaruhi oleh suhu. Contohnya adalah udang *Krill*. Udang ini bereproduksi dalam jumlah yang sedikit jika suhu perairan meningkat. Begitu pula penyu, jenis kelamin anakan penyu dipengaruhi suhu. Jika suhu perairan hangat maka anakan penyu dominan betina sedangkan jika perairan dingin maka anakan penyu dominan jantan. Dengan demikian peningkatan suhu dapat mempengaruhi populasi organisme laut dan bahkan dapat pula menyebabkan kepunahan. Selain itu pula, peningkatan suhu berpengaruh pada penyebaran spesies dan juga penyakit laut. Pada wilayah tertentu bakteri akan meningkat jumlahnya sehingga mengurangi kadar oksigen pada wilayah tersebut. Hal ini mengakibatkan organisme lainnya bermigrasi ke tempat lainnya dan bisa berujung pada kematian.

2. Menghilangnya Salju Abadi di Pegunungan Puncak Jaya, Papua

Tahukah Kalian bahwa Indonesia memiliki pegunungan es, seperti Puncak Everest di Himalaya? Satu-satunya tempat di wilayah Indonesia yang diselimuti lapisan salju berada di

Pegunungan Jaya Wijaya, Papua. Salah satu puncak Pegunungan Jaya Wijaya yang terkenal adalah Puncak Cartenz. Puncak Cartenz ini masuk ke dalam tujuh puncak tertinggi di dunia (*World Seven Summit*) yang menjadi destinasi favorit para pendaki.

Kini, hamparan es yang disebut-sebut sebagai salju abadi itu tak lagi abadi. Pada tahun 1850, gletser memiliki luasan 19,3 km². Pada tahun 2018, luasan gletser tersebut hanya tersisa 0,5 km². Proses pengurangan luas gletser tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.4. Peristiwa berkurangnya salju abadi dari Pegunungan Jaya Wijaya ini menjadi salah satu gejala bahwa peningkatan suhu global benar-benar terjadi, sebab gletser tropis sangat rentan atau sensitif terhadap perubahan suhu.



Gambar 8.4. Kondisi Gletser Es di Pegunungan Jaya Wijaya dari Juni 2010 hingga Maret 2018

Peristiwa mencairnya es gletser Pegunungan Jaya Wijaya ini akan berdampak pada kuantitas dan kualitas air pada daerah tersebut, seperti perubahan debit air, suhu air, dan lain-lain. Perubahan kuantitas dan kualitas air tersebut dapat mengganggu ekosistem air tawar.

3. Mencairnya Es di Kutub

Bumi ini memiliki hamparan daratan yang berupa es. Sekitar 90% bagian hamparan daratan es berada di Antartika, sedangkan 10% bagian sisanya berada di lapisan es Greenland. Es Antartika dan Greenland memiliki peran sebagai penutup pelindung Bumi dan lautan.

Apabila dicitrakan dari luar angkasa, es Antartika dan Greenland nampak seperti hamparan atau bintik berwarna putih cerah. Putih merupakan warna yang dapat memantulkan gelombang atau panas dengan baik, sehingga fungsi hamparan putih es tersebut adalah untuk memantulkan kembali panas berlebih menuju ke luar angkasa agar suhu bumi terjaga. Hal tersebut juga menyebabkan kutub utara lebih dingin dibandingkan dengan bagian bumi lainnya, sehingga hilangnya es di kutub dapat memperburuk kondisi peningkatan suhu di bumi.

Gambar 8.5 menunjukkan bahwa persentase penurunan rata-rata luas es per dekade dalam rentang waktu Januari 1979 hingga 2014 sebesar 3,2%. Bumi telah kehilangan sekitar 28



triliun ton antara tahun 1994 sampai dengan 2017. Jejak-jejak muka gletser tersebut memberi gambaran informasi proses peningkatan suhu Bumi dari waktu ke waktu

Gambar 8.5. Graik luas es laut Arktik

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

Perubahan kondisi gletser es di kutub dapat mempengaruhi keberlangsungan hidup makhluk hidup yang hidup di daerah tersebut. Makhluk hidup selalu berusaha melakukan adaptasi terhadap perubahan kondisi habitatnya. Akan tetapi, tidak semua makhluk hidup dapat melakukan adaptasi terhadap perubahan kondisi habitatnya. Salah satu hewan yang tinggal di daerah kutub dan terdampak perubahan kondisi gletser es di kutub adalah beruang es. Beruang es terpaksa mencari makanan di daratan akibat es di atas lautan banyak yang telah mencair. Berkurangnya wilayah tempat berburu beruang es tentunya mempersempit peluang bertahan hidupnya beruang es sehingga menurunkan populasi hewan ini. Jika hal ini terus terjadi secara terus menerus maka beruang es bisa mengalami kepunahan

4. Kenaikan Permukaan Air Laut

Salah satu dampak mencairnya es di kutub adalah kenaikan permukaan air laut, sebab air limpasan pencairan es tentu akan bermuara di laut, dan meningkatkan ketinggian permukaan air laut. Menurut data yang dirilis oleh NASA, kenaikan permukaan air laut secara global meningkat sebesar 97 mm dengan rata-rata peningkatannya adalah 3,3 mm per tahun.

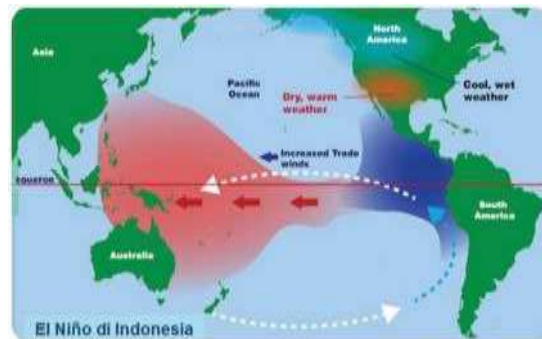
Dampak peningkatan ketinggian permukaan air laut ini akan sangat dirasakan bagi masyarakat Indonesia yang tinggal di pesisir laut. Bencana banjir rob dan kenaikan permukaan air yang lebih tinggi saat terjadi pasang akan sering terjadi.

5. El Niño dan La Niña: Cuaca Ekstrem

Pada sekitar akhir bulan Oktober 2020, curah hujan di wilayah Indonesia begitu tinggi. Apa yang sedang terjadi di wilayah Indonesia saat itu? BMKG yang memprediksi peningkatan akumulasi curah hujan akibat fenomena La Niña terkait potensi curah hujan yang akan naik sebesar 20% sampai dengan 40% Apa itu fenomena La Niña yang disebutkan oleh BMKG? Apa hubungannya dengan apa yang terjadi di Indonesia? Apa hubungannya peningkatan suhu permukaan laut dengan fenomena cuaca ekstrem di Indonesia? El Niño Southern Oscillation (ENSO) merupakan fenomena iklim dimana sirkulasi atmosfer global berubah akibat suhu perubahan suhu permukaan air laut. ENSO memiliki dua fase yang berlawanan dan satu fase tambahan, yaitu El Niño, La Niña, dan Netral.

1. El Niño

Peristiwa El Niño merupakan peristiwa meningkatnya suhu permukaan laut Samudera Pasifik tropis bagian timur dan tengah di atas rata-rata normal suhu permukaan laut. Pengaruh peristiwa El Niño di wilayah Indonesia adalah curah hujan cenderung berkurang.



Gambar 8.7. Peristiwa El Niño di Indonesia
Sumber: spaceplace.nasa.gov/NASA (2019)

Sementara di Samudera Pasifik tropis, curah hujan meningkat. Angin permukaan tingkat rendah yang biasanya bertiup dari timur ke barat (angin timur) di sepanjang ekuator mengalami penyimpangan arah, sehingga angin bertiup dari arah barat ke timur (angin barat).

2. La Niña

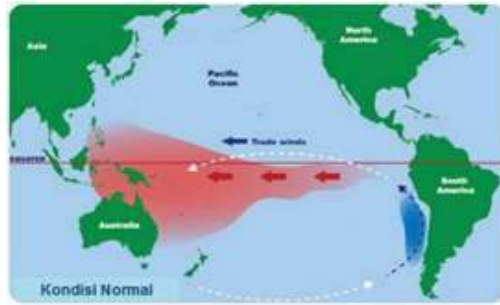
Peristiwa La Niña merupakan peristiwa menurunkan suhu permukaan laut Samudera Pasifik tropis bagian timur dan tengah di bawah rata-rata normal suhu permukaan laut. Pengaruh peristiwa La Niña di wilayah Indonesia adalah curah hujan cenderung meningkat. Sementara di Samudera Pasifik tropis, curah hujan menurun. Angin timur laut yang normal di sepanjang ekuator menjadi lebih kuat.



Gambar 8.8. Peristiwa La Niña di Indonesia
Sumber: [Concernusa.org/NASA](https://concernusa.org/NASA) (2019)

3. Netral

Kondisi netral ini bukan merupakan keadaan El Niño atau La Niña. Kondisi ini merupakan kondisi ketika suhu permukaan laut Samudera Pasifik tropis umumnya mendekati rata-rata. Fenomena El Niño dan La Niña ini berdampak pada makhluk hidup



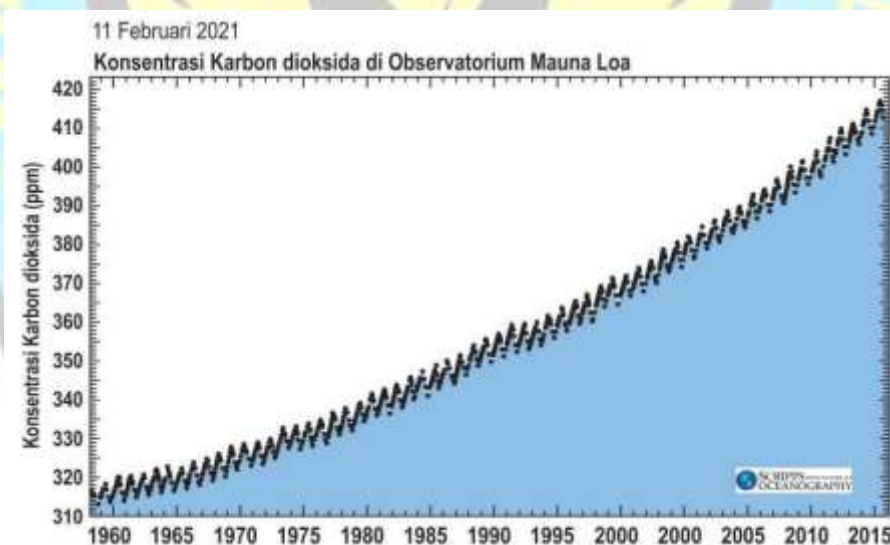
Gambar 8.9. Kondisi netral

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

Di sisi lain, pada daerah yang perubahan musim kemaraunya panjang, mengakibatkan intensitas kebakaran hutan meningkat. Hal ini dapat terjadi karena tumbuhan banyak yang kekeringan karena kekurangan air. Oleh karena itu, penurunan populasi tumbuhan akan terjadi dan bahkan dapat menimbulkan punahnya spesies tanaman.

8.2. Peningkatan Kadar CO₂ Atmosfer di Balik Peningkatan Suhu Bumi

Setelah membaca fakta-fakta perubahan lingkungan yang terjadi akhir-akhir ini, menurut pendapat Kalian indikator apa yang memberi petunjuk bahwa telah terjadi perubahan lingkungan? Kalian telah mengetahui fakta-fakta terkait perubahan lingkungan.



Gambar 8.10. Kadar peningkatan CO₂

Sumber: Scripps Institution of Oceanography (2015)

Peningkatan kadar CO₂

Peningkatan kadar CO₂ di atmosfer telah dicatat sejak tahun 1958 oleh ilmuwan bernama Charles David Keeling. Selanjutnya para ilmuwan melacak data akumulasi CO₂ di atmosfer bumi menggunakan kurva Keeling yang datanya diukur terus-menerus dari Observatorium Mauna Loa di Hawaii.

Peningkatan kadar CO₂ dari waktu ke waktu terus terjadi dimulai sejak zaman Eosen yaitu periode dalam skala geologi yang terjadi sekitar 60–40 juta tahun yang lalu. Hal ini penting dipelajari dalam sejarah catatan CO₂ yang memberi bukti kuat hubungan antara tingkat CO₂ dan keadaan iklim yang menghangat. Dengan mempelajari perubahan iklim bumi di masa lalu maka pemanasan global di masa yang akan datang dapat diprediksi dengan lebih baik.

Kadar CO₂ yang tercatat pada 60 tahun yang lalu adalah 315 ppm. Namun, angka tersebut naik teratur melebihi 410 ppm pada tahun 2018. Catatan terakhir pada 11 Februari 2021, kadar CO₂ tercatat mencapai angka 417,21 ppm, artinya terdapat 417,21 mg CO₂ yang terkandung dalam satu juta mg udara). Kandungan CO₂ di atmosfer adalah hasil aktivitas manusia yang sebagian besar berasal dari penggunaan bahan bakar dari fosil baik untuk kegiatan industri maupun berkendara. Bahan bakar digunakan melalui reaksi pembakaran.

Gas CO₂ hasil pembakaran diemisikan ke atmosfer sekitar 57% sedangkan sisanya masuk ke laut dan terserap oleh reaksi fotosintesis, Ingatlah bahwa Hukum Lavoisier berlaku untuk keadaan ini. Jumlah atom karbon selalu sama baik dalam bentuk CO₂ di udara maupun dalam bentuk senyawa lainnya di luar emisi CO₂. Oleh karena itu, emisi CO₂ di udara inilah yang harus dikurangi.

Mekanisme Terjadinya Efek Rumah Kaca

Apakah Kalian pernah mendengar istilah rumah kaca? Jika Kalian mencari di internet, Kalian akan menemukan gambar sebuah ruangan transparan terbuat dari kaca yang berfungsi untuk memerangkap udara hangat yang bermanfaat bagi tumbuhan. Atmosfer Bumi pun memiliki sistem serupa dengan rumah kaca tersebut. Peristiwa terperangkapnya udara hangat di Bumi dikenal dengan istilah efek rumah kaca.

Sumber panas utama permukaan Bumi adalah sinar Matahari. Energi yang dipancarkan Matahari disalurkan ke Bumi berupa radiasi, kemudian energi ini berubah menjadi panas di permukaan Bumi. Energi Matahari yang sampai di permukaan Bumi dimanfaatkan dalam menunjang aktivitas manusia, seperti mengeringkan baju, mengeringkan hasil pertanian, pembangkit tenaga listrik, dan lain-lain. Radiasi tersebut merupakan gelombang pendek bersuhu hangat.

Gelombang pendek bersuhu hangat tersebut tidak seluruhnya diserap oleh permukaan Bumi, sebagian lagi dipantulkan kembali menuju luar angkasa berupa gelombang inframerah, sehingga suhu permukaan Bumi tidak akan kelebihan panas.

Gas-gas penyebab efek rumah kaca, seperti gas karbon dioksida (CO₂), gas metana (CH₄), klorofluorokarbon (CFC), nitrogen monoksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂), dan belerang dioksida (SO₂) yang berada pada atmosfer Bumi menyerap energi dari gelombang pada rentang panjang gelombang 5 – 50 nm. Molekul-molekul gas rumah kaca menyerap energi untuk

dapat bervibrasi dan berotasi, dan sebagian besar energi lainnya dipancarkan lagi ke permukaan Bumi.

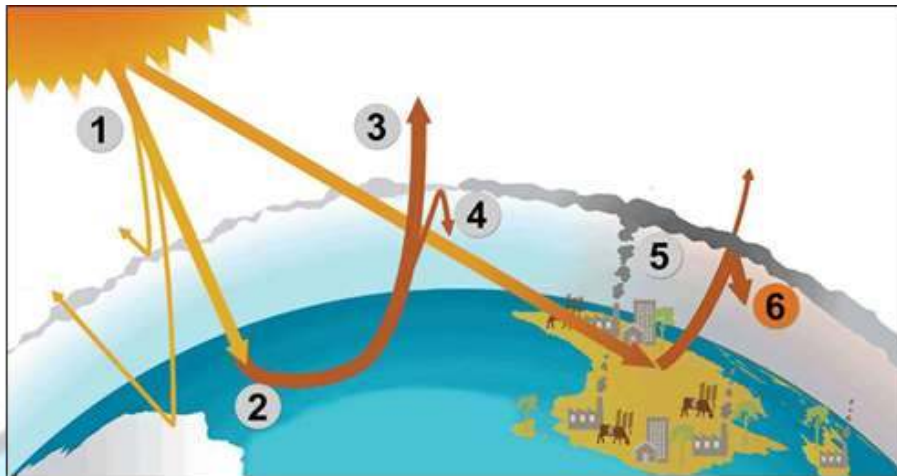
Akibatnya, gelombang inframerah tidak dapat dilepaskan menuju luar angkasa, melainkan dipantulkan kembali menuju Bumi, sehingga kebutuhan suhu rata-rata 15 oC untuk permukaan Bumi dari efek rumah kaca dapat terpenuhi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca berfungsi untuk menjaga agar suhu antara siang dan malam tidak berbeda jauh, dan menjaga suhu Bumi tetap hangat. Jika pada atmosfer Bumi kekurangan gas rumah kaca, suhu Bumi akan menurun dan permukaan Bumi akan ditutupi es.



EDY HARIYANTO

Anomali Efek Rumah Kaca

Jika jumlah gas rumah kaca pada atmosfer berlebihan, peningkatan suhu Bumi akan terjadi secara tidak wajar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.2. Kini, temperatur yang dihasilkan oleh emisi gelombang panas gas rumah kaca terhadap bumi telah meningkatkan temperatur Bumi sebesar 0,6 oC sampai dengan 0,9 oC. Proses ini digambarkan dalam Gambar 8.11.



Gambar 8.11. Efek rumah kaca

Keterangan Gambar 8.11.

Langkah 1 : Radiasi matahari mencapai atmosfer bumi, beberapa diantaranya dipantulkan kembali ke luar angkasa.

Langkah 2 : Sisa energi matahari diserap oleh daratan dan lautan, memanaskan Bumi.

Langkah 3 : Panas memancar dari Bumi menuju ruang angkasa.

Langkah 4 : Sebagian dari panas ini terperangkap oleh gas rumah kaca di atmosfer, menjaga Bumi tetap hangat untuk menopang kehidupan.

Langkah 5 : Aktivitas manusia seperti membakar bahan bakar fosil, pertanian dan pembukaan lahan meningkatkan jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer.

Langkah 6 : Gas rumah kaca ini memerangkap panas ekstra, dan menyebabkan suhu bumi naik.

8.3. Aktivitas Manusia yang Menyebabkan Perubahan Lingkungan

Kalian sudah mengetahui bahwa penyebab peningkatan suhu permukaan Bumi adalah peristiwa efek rumah kaca yang disebabkan oleh gas rumah kaca yang menumpuk pada atmosfer Bumi, salah satunya adalah gas CO₂ yang banyak dihasilkan oleh aktivitas manusia. Apa saja aktivitas penghasil gas CO₂? Mari telusuri bersama-sama.

(1) Kegiatan terkait alih fungsi lahan.

Guna memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia tidak menyadari bahwa telah melakukan berbagai aktivitas yang berdampak buruk bagi lingkungan. Salah satu aktivitas

manusia yang berdampak buruk adalah alih fungsi lahan. Alih fungsi lahan khususnya lahan hutan selain mengurangi habitat hewan, tumbuhan, bahkan mengganggu keanekaragaman hayati ternyata juga memiliki andil dalam peningkatan suhu dunia. Alih fungsi lahan dilakukan dengan cara yang paling umum yaitu membakar lahan hutan. Hal ini menyebabkan pelepasan gas rumah kaca (CO_2) dan gas karbon monoksida (CO) yang berbahaya bagi kesehatan

Tulislah persamaan reaksi kimia setara pembakaran tak sempurna yang pernah disampaikan pada Bab 3

Selain itu pembalakan liar yang marak terjadi belakangan ini juga ikut andil dalam pengurangan populasi pohon di hutan. Pembalakan liar adalah kegiatan pemanenan pohon hutan, pengangkutan, serta penjualan kayu maupun hasil olahan kayu yang tidak sah dan tidak memiliki izin dari otoritas setempat. Kegiatan ini sering tidak terkendali dan tanpa disadari populasi tanaman yang menyumbang gas O_2 dan penyerap CO_2 berkurang. Seperti yang telah Kalian pelajari, gas CO_2 merupakan salah satu gas efek rumah kaca. Semakin tinggi gas efek rumah kaca maka semakin panas suhu bumi. Di sisi lain, bagi tumbuhan, gas CO_2 ini digunakan dalam proses fotosintesis. Dengan demikian bagaimana hubungan adanya tumbuhan terhadap peningkatan suhu bumi?

Tulislah persamaan reaksi kimia setara reaksi fotosintesis yang sudah pernah diulas pada Bab 3.

(2) Penggunaan Freon dalam Kehidupan Sehari-hari

Apa yang Kalian rasakan saat berada dalam ruangan tertutup yang panas? Apa yang Kalian lakukan saat udara panas dan Kalian merasa haus? Tentu sebagian besar dari Kalian akan menyalakan pendingin ruangan dan mengambil minuman dingin dari dalam kulkas bukan? Bahan apa yang ada di dalam pendingin ruangan atau dalam kulkas? Ternyata bahan-bahan ini ikut berkontribusi terhadap perubahan iklim. Ayo Kalian cermati ulasan berikut.

Pernahkah Kalian mendengar nama Freon? Benda apa saja yang berhubungan dengan Freon? Freon adalah nama dagang dari senyawa kloroluorokarbon. Senyawa ini mengandung 3 jenis atom dari unsur klor (Cl), fluor (F), dan karbon (C). Kloroluorokarbon sering ditulis dan disebut sebagai CFC. Freon umumnya berupa gas tidak berwarna atau cairan yang tidak berwarna yang mudah menguap pada suhu kamar. Beberapa senyawa Freon yang umum digunakan disajikan pada Tabel 8.1 berikut.

Tabel 8.1. Jenis-jenis Freon

Jenis Freon	Rumus molekul	Nama kimia Freon
11	CCl_3F	trikloroluorometana Freon
12	CCl_2F_2	diklorodiluorometana
Freon 22	CHClF_3	klorotriluorometana
Freon 113	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	triklorotriluoroetana
Freon 114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	diklorotetraluoroetana
Freon 115	CClF_2CF_3	kloropentaluoroetana

Sumber: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/Freon>

Digunakan untuk apa sajakah Freon? Indonesia sebagai negara beriklim tropis serta kondisi gedung bertingkat di kota-kota besar yang memerlukan pendingin ruangan menyebabkan penggunaan Freon menjadi kebutuhan. Freon 11, 12, atau 22 banyak dimanfaatkan sebagai bahan refrigeran atau bahan pendingin ruangan dalam sistem pendingin ruangan atau air conditioning (AC), kulkas, dan bahan aerosol.

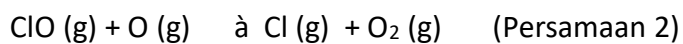
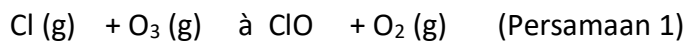


Gambar 8.12. Freon dalam pendingin ruangan (air conditioning)

Sumber: Kemendikbudristek/Elizabeth (2021)

Pembuatan freon berkembang sejak tahun 1930 namun karena menimbulkan penipisan ozon, membentuk lubang pada ozon di atas wilayah Antartika, dan meningkatkan efek rumah kaca maka melalui Perjanjian Montreal yang dibuat oleh PBB pada tahun 1987 penggunaan Freon dibatasi. Mengapa demikian? Mari kita kenali dulu ozon (O_3) yang merupakan molekul unsur mengandung atom oksigen. Sekitar 90% ozon terdapat pada lapisan stratosfer yang mempunyai ketinggian 15-30 km dari permukaan bumi. Tidak seperti ozon yang terdapat pada lapisan troposfer atau pada permukaan tanah, ozon yang terdapat pada lapisan stratosfer ini adalah ozon baik karena menyaring sebagian besar radiasi sinar ultraviolet tipe B yang berbahaya. Ayo kita cermati reaksi kimia yang menyebabkan penipisan ozon bahkan membentuk lubang pada ozon. Pada lapisan stratosfer terdapat molekul klorin monoksida (ClO). Molekul ini merupakan senyawa dengan jumlah paling banyak dan bersifat paling reaktif di lapisan stratosfer. Sumber tambahan atom klorin yang berasal dari aktivitas manusia adalah dari

penggunaan senyawa kloroluorocarbon (CFC). Ketika CFC mencapai lapisan stratosfer, radiasi UV dengan energi tinggi mengurai CFC dan menghasilkan Cl. Reaksi ClO di atmosfer ditunjukkan pada persamaan reaksi kimia berikut:



Gambar 8.13. Aktivitas kendaraan di kota besar.

Sumber: Flickr, Tri Murdiyanto (2011)

Berdasarkan persamaan reaksi kimia tersebut diketahui bahwa jumlah ozon akan semakin berkurang. Dampak negatif penipisan ozon adalah timbulnya penyakit kanker, katarak, dan gangguan imun pada manusia, kerusakan pada ekosistem laut, dan menurunnya produktivitas tanaman.

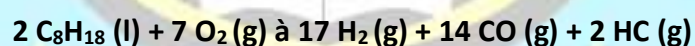
Tentu Kalian ingat prinsip kimia hijau yang telah dipelajari pada Bab 3 bukan? Jika upaya pengurangan senyawa CFC tidak dilakukan maka menurut sumber <https://atmosphere.copernicus.eu/monitoring-ozone-layer> lubang ozon baru bisa sepenuhnya tertutup pada tahun 2060. Langkah apa yang bisa dilakukan agar mengurangi penipisan ozon? Penggunaan senyawa HFC (hidroluorokarbon) sebagai pengganti CFC memang mengurangi penipisan ozon namun ternyata menimbulkan peningkatan gas CO₂ yang berdampak pada perubahan iklim. Oleh karena itu melalui amandemen Kigali yang diberlakukan pada Januari 2019 penggunaan senyawa hidroluorokarbon juga harus dibatasi selama tiga dekade ke depan. Penelitian terhadap teknologi pendingin yang ramah iklim sedang terus dilakukan sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan kimia. Desain bangunan yang tidak bergantung pada penggunaan sistem pendingin ruangan juga menarik untuk dikembangkan dan diterapkan.

(3) Aktivitas kendaraan bermotor

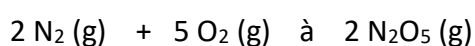
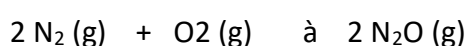
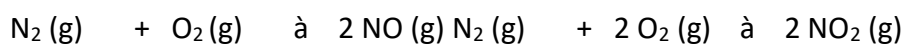
Transportasi apakah yang Kalian gunakan untuk pergi ke sekolah? Apakah Kalian berjalan kaki, naik sepeda, atau menggunakan kendaraan bermotor? Tentu sebagian besar dari Kalian naik kendaraan bermotor bukan? Tahukah Kalian bahwa aktivitas kendaraan bermotor turut berkontribusi terhadap perubahan iklim. Mari kita simak ulasan berikut.

Menurut sumber [https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210203115349-](https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210203115349-384-601700/sensus-kendaraan-di-indonesia-lebih-dari-133-juta-unit)

384-601700/sensus-kendaraan-di-indonesia-lebih-dari-133-juta-unit jumlah kendaraan bermotor terus meningkat. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan pada tahun 2019 populasi seluruh kendaraan di Indonesia mencapai lebih dari 133 juta unit atau terjadi peningkatan jumlah kendaraan sebesar 5,3 persen. Lalu apa akibatnya? Udara adalah faktor penting dalam kehidupan. Akibat aktivitas kendaraan bermotor meningkat maka emisi gas buang hasil reaksi pembakaran juga meningkat sehingga menyebabkan pencemaran udara terutama di perkotaan yang mencapai angka 70%. Gas-gas buang hasil reaksi pembakaran mengandung gas nitrogen oksida (NO_x), gas sulfur dioksida (SO₂), gas karbon monoksida (CO), gas metana (CH₄), dan pencemar partikulat berupa hidrokarbon dan logam timbal. Bagaimana reaksi pembakaran yang terjadi dalam mesin kendaraan bermotor? Kalian tahu bahwa bahan bakar kendaraan bermotor baik bensin maupun solar berasal dari minyak bumi yang mengandung atom karbon (C) dan hidrogen (H) yaitu senyawa hidrokarbon (C_xH_y). Senyawa hidrokarbon yang dimaksud adalah heptana (C₇H₁₆) dan isooktana (C₈H₁₈). Ayo ingat kembali apakah syarat agar reaksi pembakaran terjadi? Tentu adanya udara menyebabkan pembakaran berlangsung bukan? Udara sebagian besar mengandung gas nitrogen (N₂) dan gas oksigen (O₂). Dengan bantuan gas oksigen dalam udara dan kondisi dalam mesin kendaraan bermotor yang suhu dan tekanannya tinggi maka hidrokarbon C_xH_y diubah menjadi gas-gas karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O). Namun seringkali terjadi keadaan kurang udara atau kurang gas oksigen dalam dalam mesin kendaraan menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan gas beracun yaitu gas CO dan partikulat hidrokarbon (HC). Cermati persamaan reaksi kimia berikut.



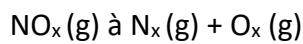
Lalu bagaimana dengan gas N₂? Sifat gas nitrogen adalah inert yaitu tidak mudah bereaksi dengan zat lainnya. Namun kondisi dalam mesin kendaraan bermotor yang suhu dan tekanannya tinggi juga mengubah gas N₂ ini menjadi berbagai gas nitrogenoksida (NO_x) yang berbahaya. Semakin tinggi suhu dalam mesin kendaraan bermotor maka semakin banyak gas NO_x yang dihasilkan. Berikut adalah beberapa contoh persamaan reaksi kimia yang menghasilkan senyawa gas NO_x.



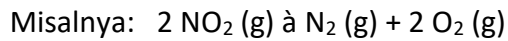
Untuk mengurangi emisi gas buang yang berbahaya maka dalam mesin kendaraan bermotor dipasang alat bernama katalitik konverter. Alat ini berfungsi mengubah gas-gas beracun

menjadi gas-gas yang lebih ramah lingkungan. Persamaan reaksi kimia yang terjadi dalam katalitik konverter ditulis sebagai berikut:

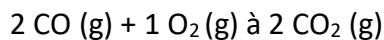
(a) Mengubah gas NO_x menjadi gas N₂ dan O₂



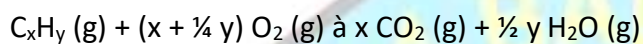
(x disini adalah angka yang disesuaikan dengan nama senyawa kimianya)



(b) Mengubah gas CO menjadi gas CO₂



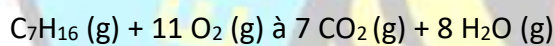
(c) Mengubah cairan C_xH_y dalam bahan bakar menjadi gas CO₂ dan uap H₂O



(x disini adalah angka yang menyatakan koefisien reaksi kimia yang disesuaikan dengan nama senyawa kimianya).

Bahan bakar kendaraan mengandung senyawa heptana (C₇H₁₆) dan isooktana (C₈H₁₈).

Sebagai contoh reaksi pembakaran heptana (C₇H₁₆) ditulis sebagai berikut:



Ayo Kalian mengingat kembali materi penulisan persamaan reaksi kimia yang telah diulas pada bab 3 dan bab 4.

Berdasarkan persamaan reaksi kimia itu, ternyata penggunaan alat katalitik konverter pada mesin kendaraan bermotor dapat mengurangi emisi gas beracun namun tetap dihasilkan gas karbon dioksida (CO₂). Hal ini akan terus berdampak pada pemanasan global. Selain itu gas-gas buang ini dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan yaitu penyakit kanker, gangguan terhadap pernafasan, sistem metabolisme tubuh, fungsi hati, kinerja hemoglobin dan darah serta menurunnya tingkat kecerdasan. Oleh karena itu mobil listrik menjadi solusi yang lebih tepat untuk mencegah hal-hal tersebut dan juga perubahan iklim di planet bumi ini. Ingat kembali pada Bab 5 Kalian telah mempelajari tentang logam tanah jarang sebagai salah satu logam yang dapat dijadikan sumber energi pada mobil listrik.

Sebagai pelajar, bagaimana kontribusi Kalian terhadap pengurangan emisi gas buang dari kendaraan bermotor? Bersepeda adalah salah satu cara yang menarik dan mendukung upaya ini. Mengapa? Coba Kalian diskusikan dalam kelompok.

8.4. Solusi Mengatasi Pemanasan Global

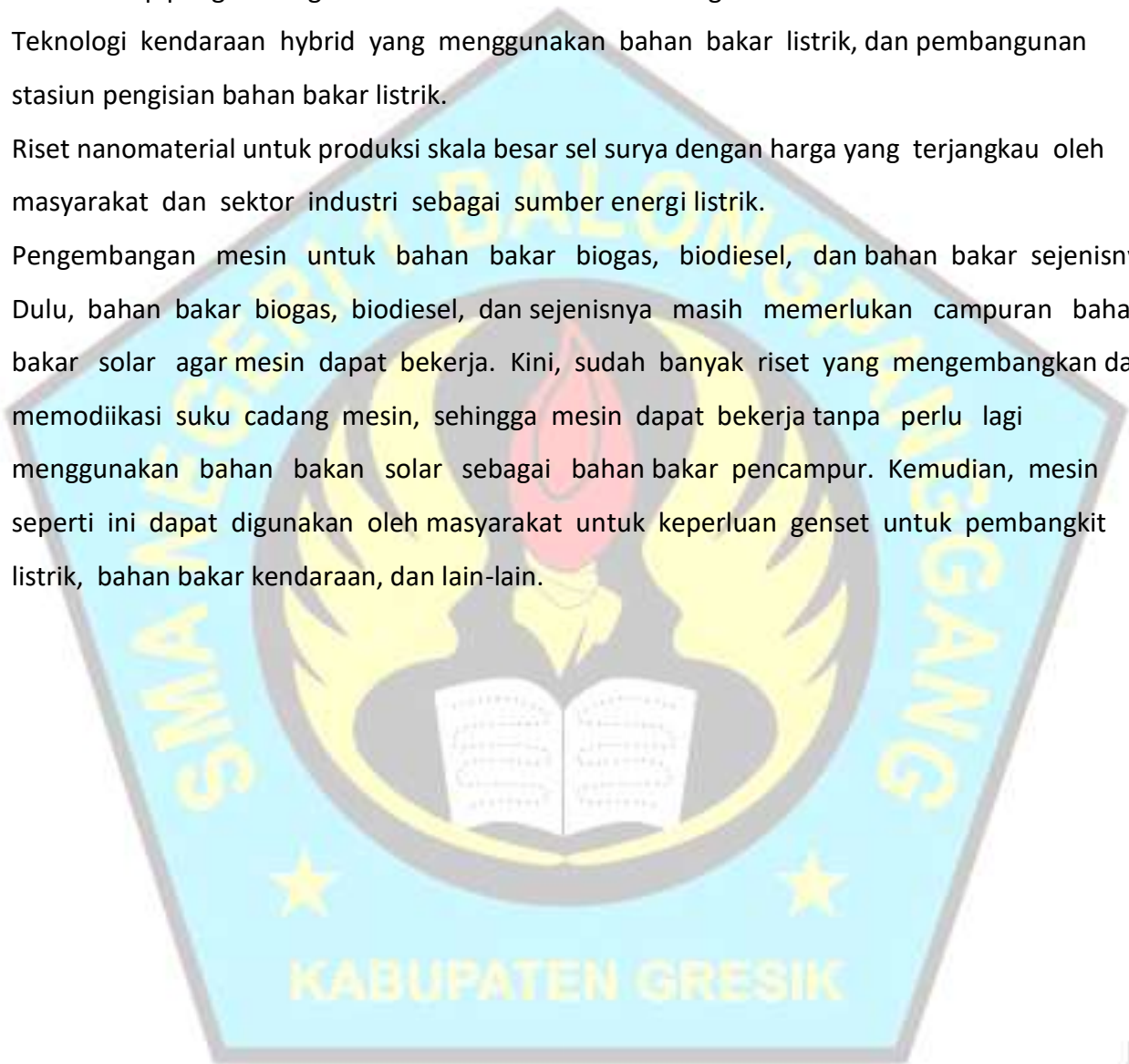
Penggunaan Energi Terbarukan sebagai Sumber Energi yang Ramah Lingkungan

Pada Bab 6 tentang Energi Terbarukan, Kalian telah mempelajari bahwa penggunaan energi-energi terbarukan merupakan solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di

Indonesia, karena ketersediaannya yang berlimpah. Tidak hanya itu, alasan pentingnya penggunaan energi terbarukan adalah lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber energi tak terbarukan; bahan bakar fosil, karena penghasil CO₂ terbesar saat ini adalah dari sektor penyediaan energi.

Upaya lain yang dapat dilakukan adalah pengembangan teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan sumber energi terbarukan. Beberapa contoh pengembangan teknologi yang masih dalam tahap pengembangan atau riset saat ini adalah sebagai berikut:

- Teknologi kendaraan hybrid yang menggunakan bahan bakar listrik, dan pembangunan stasiun pengisian bahan bakar listrik.
- Riset nanomaterial untuk produksi skala besar sel surya dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat dan sektor industri sebagai sumber energi listrik.
- Pengembangan mesin untuk bahan bakar biogas, biodiesel, dan bahan bakar sejenisnya. Dulu, bahan bakar biogas, biodiesel, dan sejenisnya masih memerlukan campuran bahan bakar solar agar mesin dapat bekerja. Kini, sudah banyak riset yang mengembangkan dan memodifikasi suku cadang mesin, sehingga mesin dapat bekerja tanpa perlu lagi menggunakan bahan bakar solar sebagai bahan bakar pencampur. Kemudian, mesin seperti ini dapat digunakan oleh masyarakat untuk keperluan genset untuk pembangkit listrik, bahan bakar kendaraan, dan lain-lain.



EDY HARIYANTO

Gaya hidup yang berkelanjutan

Masih ingatkah hasil refleksi yang telah Kalian buat pada Bab 6 Energi Terbarukan? Apakah Kalian sudah menjalankan kebiasaan-kebiasaan baik dalam hal penggunaan energi setelah mempelajari Bab 6 tentang Energi Terbarukan? Kalau belum, yuk, tetap semangat berusaha untuk melakukan gaya hidup yang lebih hemat energi.

Mengapa Kalian harus menumbuhkan gaya hidup yang lebih hemat energi? Pemerintah Indonesia sedang berupaya untuk membangun pembangkit listrik sumber energi alternatif, dan membangun fasilitas transportasi umum yang lebih memadai dan ramah lingkungan. Namun, dalam proses persiapannya, bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama yang digunakan saat ini. Di tengah penggunaan bahan bakar fosil (penghasil CO₂ terbesar) sebagai sumber energi utama, hampir seluruh aktivitas manusia sangat membutuhkan energi listrik saat ini. Oleh karena itu, melakukan penghematan energi menjadi sangat penting untuk dilakukan. Kalian dapat mulai dengan melakukan banyak hal kecil yang sederhana, seperti meminimalisir penggunaan lampu pada siang hari, mematikan peralatan elektronik jika sudah tidak digunakan, mematikan lampu dan AC jika meninggalkan ruangan, mematikan lampu kamar atau menggunakan lampu tidur dengan daya rendah pada malam hari, dan lain-lain.

Selain itu, CFC dan aerosol kaleng penyemprot (contohnya hair spray, dan lain-lain) juga turut andil dalam terjadinya efek rumah kaca. Oleh karena itu, Kalian harus memilih produk-produk elektronik yang tidak menggunakan CFC. Produk-produk elektronik tersebut misalnya adalah AC dan Kulkas tidak menggunakan CFC atau Freon sebagai refrigeran (cairan yang digunakan dalam proses pendinginan pada AC dan kulkas).

Kalian juga perlu membiasakan diri dengan beberapa kebiasaan baru yang lebih ramah lingkungan, seperti :

- bersepeda atau jalan kaki jika bepergian dalam jarak dekat, serta menggunakan transportasi umum jika bepergian dalam jarak jauh untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil,
- memilih untuk membeli alat-alat elektronik yang hemat daya,
- meluangkan waktu senggang untuk berkebun di rumah; dengan banyaknya tanaman di rumah Kalian, akan mengurangi kadar CO₂ di lingkungan rumah Kalian, sehingga lingkungan rumah Kalian akan lebih asri dan segar,

Ayo Tentukan Solusi

Pada Proyek Tahap 2 Kalian telah menganalisis beberapa perubahan di bumi dari waktu ke waktu. Diskusikan bersama kelompok Kalian mengenai penyebab dan solusi terbaik yang dapat Kalian terapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Solusi yang Kalian ajukan dapat

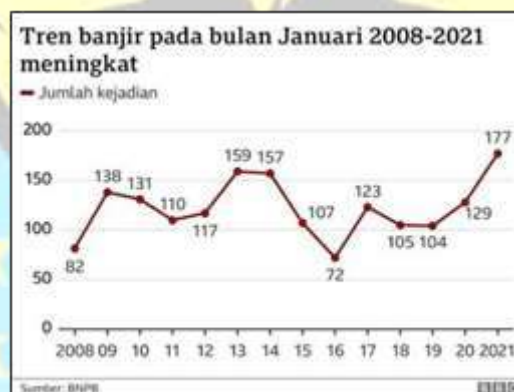
berupa benda ataupun tindakan nyata. Kampanyekanlah solusi yang Kalian ciptakan dengan media presentasi yang menarik, seperti poster, infografs, video ataupun podcast. Solusi akan dipresentasikan pada waktu yang ditentukan dan media kampanye akan dipublikasikan pada media sosial yang Kalian miliki.

D. Simaklah penjelasan berikut ini.

Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 372 bencana alam telah terjadi di Indonesia dalam kurun dua bulan terakhir pada tahun 2021.

Dilansir dari antaranews.com, per tanggal 8 Februari 2021, bencana tersebut meliputi 227 kejadian banjir, 66 kejadian puting beliung, 60 kejadian tanah longsor, 7 kejadian gempa bumi dengan magnitudo besar, 7 kejadian gelombang pasang atau abrasi, serta 4 kejadian kebakaran hutan dan lahan.

Dilansir dari Kompas.com, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geoisika (BMKG) mencatat sudah terjadi 646 gempa bumi terjadi dan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) mencatat 21 gunung berapi di Indonesia berstatus waspada sepanjang Januari 2021. Jika dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, peristiwa yang benar-benar mencolok adalah banjir. Pada Gambar 8.15, terlihat bahwa peningkatan kejadian banjir meningkat secara signifikan di awal tahun 2021.



Gambar 8.15. Graik peristiwa banjir dari tahun 2008 hingga Januari 2021

Sumber: BBC/BNPB (2021)

EDY HARIYANTO

Jawablah pertanyaan berikut!

1. Apa itu bencana hidrometeorologi? Berdasarkan cuplikan berita di atas, uraikanlah jumlah bencana yang termasuk ke dalam kategori bencana hidrometeorologi yang telah terjadi di awal tahun 2021.
2. Perhatikanlah Gambar 8.15, terdapat graik kejadian banjir dari tahun 2008 hingga Januari 2021 di Indonesia. Menurut Kalian, adakah hubungan antara graik pada Gambar

8.15 dengan grafik pada Gambar 8.14? Jelaskanlah jawaban Kalian didukung dengan teori dan data terkait yang Kalian dapatkan dari sumber terpercaya.



EDY HARIYANTO

GLOSARIUM

- **Perubahan lingkungan**

Adalah perubahan atau gangguan dari lingkungan yang paling sering disebabkan oleh pengaruh manusia dan alam proses ekologi . Perubahan lingkungan mencakup berbagai faktor, seperti bencana alam , gangguan manusia, atau interaksi hewan .

- **Pemanasan Global atau Global Warming**

adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan Bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan Bumi telah meningkat $0.74 \pm 0.18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1.33 \pm 0.32 \text{ }^{\circ}\text{F}$) selama seratus tahun terakhir. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menyimpulkan bahwa, "sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca.

- **Kenaikan suhu bumi**

adalah Kenaikan Suhu rata-rata global pada permukaan Bumi sebesar $0.74 \pm 0.18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1.33 \pm 0.32 \text{ }^{\circ}\text{F}$) selama seratus tahun terakhir yang diakibatkan pemanasan global

- **Efek Gas Rumah Kaca, adalah :**

1. **Menurut Asosiasi Energi New Mexico, Amerika Serikat (AS)**

Efek Rumah Kaca adalah kejadian di mana panas di Bumi terperangkap karena terhalang oleh gas emisi seperti karbon dioksida pada atmosfer. Gas emisi tersebut kebanyakan berasal dari asap kendaraan dan pabrik serta kebakaran hutan.

2. **Menurut Badan Perlindungan Lingkungan (AS)**

Efek rumah kaca adalah proses meningkatnya suhu rata-rata permukaan Bumi karena lapisan atmosfer Bumi yang kian menipis bahkan bocor. Hal ini menjadikan cuaca di Bumi makin panas karena sinar matahari tidak lagi terhalang oleh lapisan atmosfer.

3. **Menurut Dewan Pertahanan Sumber Daya Alam**

Efek rumah kaca adalah krisis lingkungan dan kemanusiaan yang sedang terjadi di Bumi. Suhu permukaan Bumi kian meningkat akibat terperangkap oleh gas karbon dioksida yang makin banyak dari hari ke hari, dan menjadikan Bumi makin panas dan rawan akan bencana.

- **Kenaikan kadar CO₂**

emisi karbon yang diakibatkan oleh aktivitas harian manusia, entah itu dari pembakaran bahan bakar fosil, limbah industri, hingga emisi rumah tangga, mengalami peningkatan signifikan yang dapat mengancam kondisi Bumi. Tingginya emisi karbon ini juga ditenggarai menjadi penyebab utama perubahan iklim dan peningkatan suhu global.

- ***Low Carbon Education***

Pemanasan global dan perubahan iklim merupakan masalah lingkungan utama secara global. Pemicu permasalahan ini adalah perilaku konsumtif dan pemborosan energi di masyarakat yang menyebabkan emisi CO₂ terus meningkat. Untuk mengatasi masalah tersebut, pendidikan lingkungan harus dilakukan secara optimal dengan pendekatan program pendidikan rendah karbon (*Low Carbon Education*)



EDY HARIYANTO

DAFTAR PUSTAKA

<https://www.bbc.com/indonesia/media-52030307>

<https://www.iberdrola.com/environment/melting-glaciers-causes-effects-solutions>

<https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20160106124309-199-102560/perputaran-bumi-melambat-apa-dampaknya>

<https://sains.kompas.com/read/2015/12/14/14361251/Muka.Air.Laut>

Meningkat.Gerak.Bumi.Semakin.Lambat



EDY HARIYANTO