



Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si.
Atin Nuryadin, Ph.D.
Nurul Fitriyah Sulaeman, Ph.D.

PRO-ENVIRONMENTAL BEHAVIOR

DALAM KONTEKS

LINGKUNGAN INDONESIA:

Suplemen bagi Guru dan Calon Guru IPA SMP
dalam Implementasi Kurikulum Merdeka

**PRO-ENVIRONMENTAL BEHAVIOR DALAM
KONTEKS LINGKUNGAN INDONESIA:**

Suplemen Bagi Guru dan Calon Guru IPA SMP
dalam Implementasi Kurikulum Merdeka

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. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan 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).

PRO-ENVIRONMENTAL BEHAVIOR DALAM KONTEKS LINGKUNGAN INDONESIA:

Suplemen Bagi Guru dan Calon Guru IPA SMP
dalam Implementasi Kurikulum Merdeka

Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si.

Atin Nuryadin, Ph.D.

Nurul Fitriyah Sulaeman, Ph.D.



Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.

**PRO-ENVIRONMENTAL BEHAVIOR DALAM KONTEKS LINGKUNGAN
INDONESIA: SUPLEMEN BAGI GURU DAN CALON GURU IPA SMP DALAM
IMPLEMENTASI KURIKULUM MERDEKA**

Lambang Subagiyo, Atin Nuryadin & Nurul Fitriyah Sulaeman

Desain Cover :
Syaiful Anwar

Sumber :
www.shutterstock.com (STILLFX)

Tata Letak :
Cinthia M. S

Proofreader :
Mira Muarifah

Ukuran :
x, 133 hlm, Uk: 15.5x23 cm

ISBN :
978-623-02-6304-0

Cetakan Pertama :
Maret 2023

Hak Cipta 2023, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2023 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

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. untuk berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis mampu menuangkan suatu karya melalui buku ini. Buku ini mengandung berbagai kegunaan yang berkaitan dengan pembentukan perilaku pro-lingkungan dalam konteks lingkungan Indonesia dan kurikulum merdeka.

Sebagai bagian dari masyarakat yang hidup di lingkungan tropis, pemahaman dan sikap positif terhadap lingkungan tropis menjadi sebuah keharusan. Namun permasalahan lingkungan yang kita hadapi sangat kompleks dan berkaitan erat dengan pola kehidupan masyarakat. Kesadaran untuk mendorong pembentukan perilaku pro-lingkungan pada setiap individu perlu dimulai sejak usia muda melalui pendidikan yang sesuai. Buku ini merupakan bagian dari sumber belajar bagi guru dan calon guru IPA SMP terkait pendidikan lingkungan sehingga kesesuaian dengan Capaian Pembelajaran (CP) IPA Terpadu berdasarkan Kurikulum Merdeka juga dipaparkan.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun buku ini dan memberikan kritik serta saran yang membangun. Terkhusus mahasiswa-mahasiswi kami dalam grup riset *eco-STEM* yang selalu menjadi tempat diskusi awal segala ide yang kemudian tertulis di dalam buku ini.

Samarinda, September 2022

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
Bab I	1
PROLOG	
BAB II	5
INDONESIA SEBAGAI NEGARA TROPIS DAN LINGKUNGANNYA	
BAB III	11
PROBLEMATIKA LINGKUNGAN TROPIS DAN KAITANNYA DENGAN PENDIDIKAN LINGKUNGAN	
BAB IV	36
DEFINISI PRO-ENVIRONMENTAL BEHAVIOR	
BAB V	43
CAPAIAN PEMBELAJARAN TERKAIT LINGKUNGAN DALAM PERSPEKTIF KURIKULUM MERDEKA SMP	
BAB VI	50
ISU KUALITAS AIR	
A. Parameter Kualitas Air	52
B. Isu Kualitas Air di Indonesia	57
C. Peraturan Hukum Pengendalian Kualitas Air di Indonesia.....	60

BAB VII	74
ISU KUALITAS UDARA	
A. Parameter Kualitas Udara.....	75
B. Isu Kualitas Udara di Indonesia.....	78
C. Peraturan Hukum Pengendalian Kualitas Udara di Indonesia	81
BAB VIII	94
ISU ENERGI	
A. Menuju Dunia dengan Sumber Energi Terbarukan	94
B. Menuju Indonesia dengan Sumber Energi Terbarukan	96
C. Energi Baru dan Terbarukan.....	97
D. Tenaga Surya	99
E. Tenaga Angin.....	102
F. Tenaga Air	104
G. Panas Bumi.....	105
H. Biofuel.....	108
I. Biomassa.....	108
DAFTAR PUSTAKA	128
BIODATA PENULIS	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Negara Tropis Tahun 2022	5
Gambar 4.1	<i>Pro-environmental Behavior</i> dan Nilai Terkait.....	37
Gambar 4.2	Grafik Studi PEB di Bidang Pendidikan	38
Gambar 5.1	Elemen IPA Terpadu.....	44
Gambar 6.1	Indeks Kualitas Air di Indonesia Periode 2014–2021.....	58
Gambar 6.2	Peta Kualitas Air Permukaan di Indonesia.....	60
Gambar 7.1	Indeks Kualitas Udara di Indonesia Periode 2015–2020.....	80
Gambar 8.1	Tren Sumber Energi Dunia Menuju 2023.....	95
Gambar 8.2	Penggunaan Sumber Energi Indonesia 2021	97
Gambar 8.3	Ladang Panel Surya Terbesar di Indonesia.....	101
Gambar 8.4	PLTB Sidrap Bukti Pemerintah Kembangkan EBT.....	103
Gambar 8.5	PLTA Terbesar di Asia Tenggara.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Negara di Daerah Tropis	6
Tabel 3.1	Target dan Indikator Tiap Tujuan pada Pilar Pembangunan Lingkungan.....	12
Tabel 5.1	Elemen dan Capaian Pembelajaran IPA Terpadu	44
Tabel 6.1	Daftar Tujuan dan Target SDGs yang Membahas tentang Kualitas Air	51
Tabel 7.1	Pembahasan tentang Kualitas Air dalam SDGs	75
Tabel 7.2	Kategori Tingkat Kesehatan Berdasarkan Indeks Kualitas Udara.....	80
Tabel 8.1	Sebaran 13 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) di Indonesia	107

Bab I

PROLOG

Permasalahan lingkungan sangatlah kompleks dan berkaitan erat dengan pola kehidupan masyarakat sekitar. Seperti yang telah kita ketahui bahwa pemanasan global dan tindakan perusakan lingkungan memiliki efek negatif terhadap kesehatan manusia, ekosistem, dan banyak sektor sosial dan ekonomi, seperti energi, pariwisata, dan pertanian (Tachiiri *et al.*, 2021). Dalam konteks lingkungan tropis di Indonesia, keseimbangan antara kebutuhan melestarikan alam dengan pembangunan menjadi tujuan yang perlu diusahakan bersama. Isu ini kemudian diperkuat dengan rencana pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) ke wilayah Kalimantan Timur dengan membuka lahan yang cukup luas.

Indonesia menghadapi tantangan yang signifikan pada polusi udara, dan eksploitasi hutan serta sumber daya mineral yang tidak terkendali, kegiatan ini mengancam akses air dan memperburuk kebakaran hutan (selama El Nino), serta tanah longsor dan banjir (selama La Nina), selain itu, Indonesia juga memiliki kontribusi yang signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (MOEF, 2020).

Berbagai permasalahan lingkungan tropis terus terjadi. Permasalahan lingkungan tropis dilaporkan dari penelitian terdahulu misalnya tentang kualitas udara (Subagiyo, Nuryadin, *et al.*, 2019b), kualitas air (Sulaeman *et al.*, 2020) serta ekologi pesisir misalnya di Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kota Bontang (Anwar & Subagiyo, 2021).

Salah satu tindakan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan tropis adalah dengan pelestarian hutan lindung. Hutan Lindung memainkan peran strategis utama dalam melindungi sistem kehidupan lingkungan dengan: mengatur pasokan air; mencegah banjir; mengendalikan erosi; mencegah intrusi air laut;

menjaga kesuburan tanah; menyediakan makanan yang cukup dan pasokan energi untuk kehidupan manusia; dan berfungsi sebagai gudang *germplasm* (MOEF, 2020).

Berbagai upaya sedang dilakukan oleh pemerintah untuk melaksanakan prinsip-prinsip pengelolaan hutan secara lestari, mengurangi tingkat deforestasi serta degradasi hutan, rehabilitasi lahan-lahan kritis, dan memperbaiki lahan-lahan gambut, yang merupakan langkah adaptasi dan mitigasi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

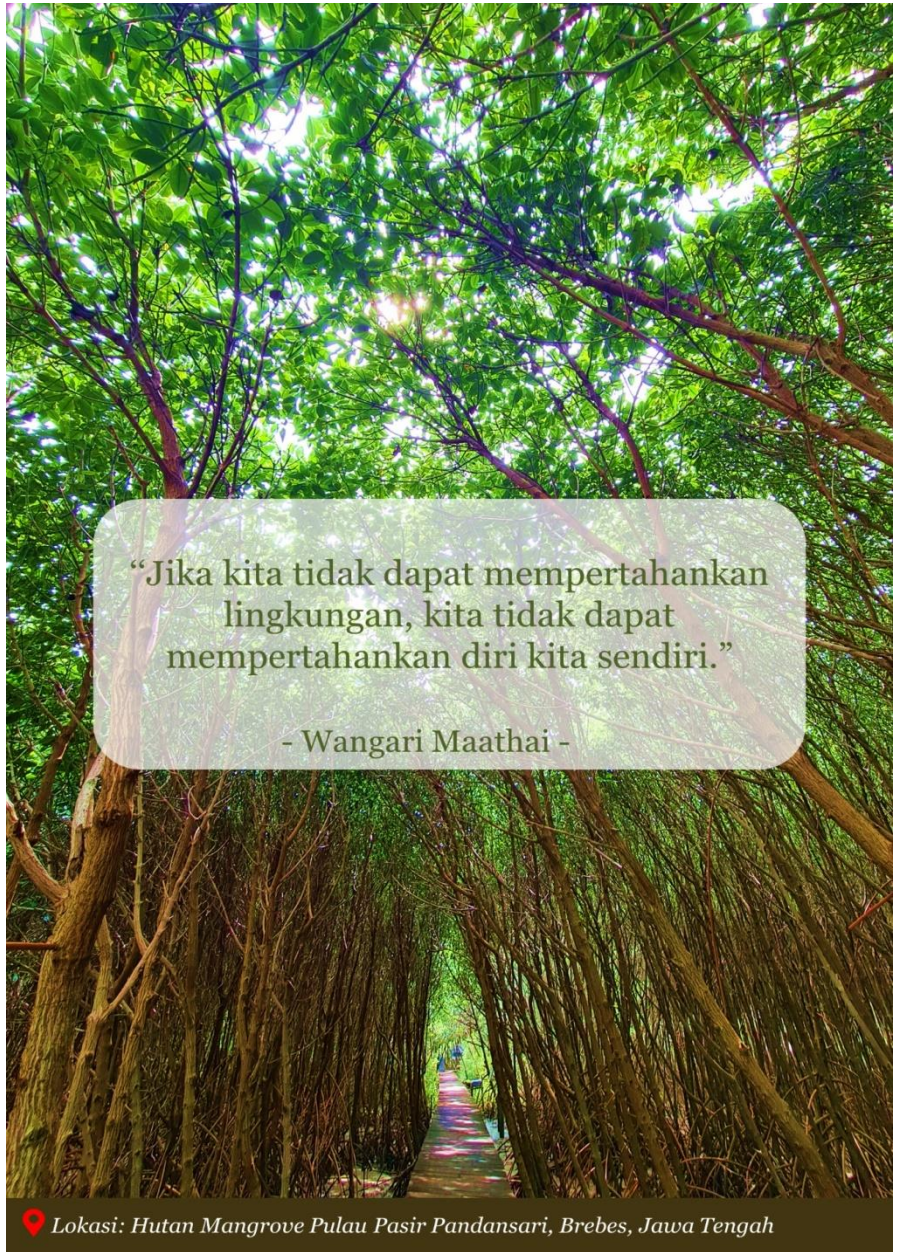
Tidak hanya pemerintah, tanggung jawab pengelolaan hutan merupakan tanggung jawab semua orang, mulai dari sektor swasta sampai dengan anggota masyarakat. Pengelolaan hutan bukan hanya mengenai ekonomi kayu atau konservasi keanekaragaman hayati, flora atau fauna, tetapi juga mengenai keseluruhan pengelolaan hutan. Indonesia merupakan salah satu dari negara dengan keanekaragaman hayati sangat tinggi, yang memiliki lahan gambut tropis paling luas di dunia dan karena hal tersebut, Indonesia memiliki peranan penting bagi dunia dalam menjaga stabilitas ekosistem global (KLHK, 2018b).

Konteks lingkungan hutan tropis sangat sesuai untuk dijadikan kasus pembelajaran dalam membentuk literasi lingkungan (Bissinger & Bogner, 2018). Miskonsepsi dalam pendidikan lingkungan menimbulkan permasalahan yang serius (Gungordu *et al.*, 2017), keadaan ini diperkuat dengan guru yang membiarkan miskonsepsi ini terus terjadi (Cimer, Sabiha Odabasi; Cimer, Atilla; Ursavas, 2011).

Pembentukan perilaku pro-lingkungan (*pro-environmental behaviour* atau PEB) sangat penting bagi individu sebagai konsumen utama energi. Pembentukan PEB yang dilakukan pada individu dalam jumlah besar akan memberikan dampak positif terhadap lingkungan, misalnya dalam mengurangi efek rumah kaca (Varela-Candamio *et al.*, 2018). Pengukuran PEB pada calon guru sudah diinisiasi di Eropa sejak tahun 2009, hasil riset ini menunjukkan bahwa keterlibatan dalam hal-hal yang berhubungan dengan lingkungan (Munoz *et al.*, 2009). Secara historis pendidikan lingkungan dalam membentuk PEB merupakan mekanisme yang efektif dalam mencegah degradasi


lingkungan lebih lanjut (Suárez-Perales *et al.*, 2021). Pendidikan lingkungan diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan kepedulian tentang situasi lingkungan sekitar yang semakin kritis, yang pada akhirnya akan mendorong koreksi kebiasaan dan perilaku individu yang dapat merusak lingkungan.

Selaras dengan kepedulian membentuk pemahaman dan sikap positif terhadap lingkungan, program pendidikan calon guru IPA di FKIP Universitas Mulawarman memiliki kekhasan pada isu-isu terkait hutan tropis dan lingkungannya. Kekhasan ini perlu dikembangkan dalam mata kuliah yang di dalamnya terintegrasi pola ilmiah pokok mengenai lingkungan hutan tropis. Proses ini telah dimulai sejak tahun 2017 namun pada mata kuliah IPA terpadu di program studi pendidikan fisika, integrasi ini belum dapat dilakukan dengan maksimal. Mata kuliah ini pada tahun 2021 dibuka sebagai mata kuliah MBKM di mana mahasiswa dari luar Universitas Mulawarman juga dapat menempuh mata kuliah ini. Hal ini menunjukkan bahwa mata kuliah ini menarik untuk dipelajari dan perlu dikembangkan lebih jauh.



“Jika kita tidak dapat mempertahankan lingkungan, kita tidak dapat mempertahankan diri kita sendiri.”

- Wangari Maathai -

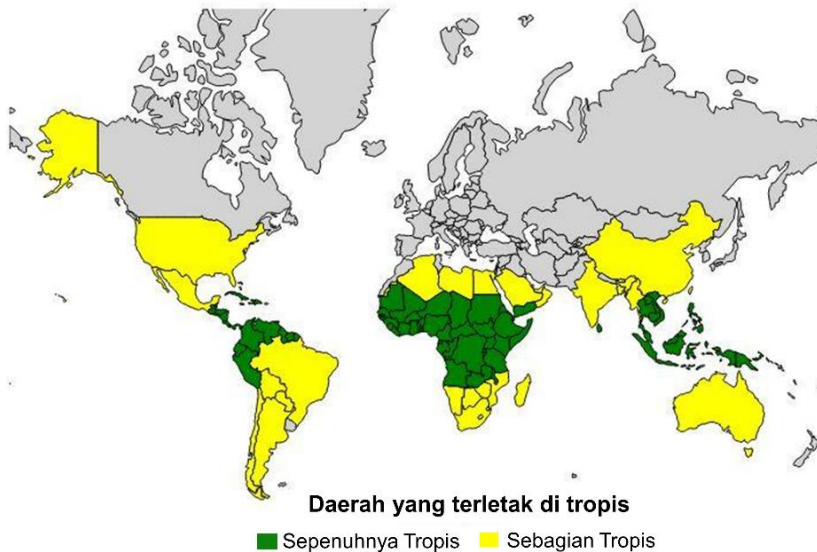
 Lokasi: Hutan Mangrove Pulau Pasir Pandansari, Brebes, Jawa Tengah

BAB II

INDONESIA SEBAGAI NEGARA TROPIS DAN LINGKUNGANNYA

Negara tropis adalah negara yang terletak di daerah tropis, wilayah ini berbentuk sabuk Bumi yang paling dekat dengan khatulistiwa, berbatasan secara horizontal dengan *Tropic of Cancer* di utara dan *Tropic of Capricorn* di selatan. Daerah tropis membentuk sekitar 40% dari luas permukaan planet dan merupakan rumah bagi sekitar 40% dari populasi dunia. Negara yang terletak pada daerah tropis dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah gambar dari peta negara tropis.

Negara Tropis 2022



Gambar 2.1 Peta Negara Tropis Tahun 2022

Sumber: worldpopulationreview.com

Tabel 2.1 Daftar Negara di Daerah Tropis

Amerika Tropis	Afrika Tropis	Asia Tropis atau Pasifik
American Samoa	Angola	Australia (Northern)
Antigua dan Barbuda	Benin	Bangladesh (Southern)
Bahamas	Burkina Faso	Brunei Darussalam
Barbados	Burundi	Cambodia
Bolivia	Cameroon	China (Guangzhou)
Brazil	Central African Republic	India (Southern)
Colombia	Chad	Indonesia
Costa Rica	Comoros	Kiribati
Cuba	Congo	Malaysia
Dominican Republic	Ethiopia	Maldives
Ecuador	Eritrea	Myanmar
El Salvador	Gambia	Oman
Ecuador	Ghana	Papua New Guinea
Grenada	Guinea	Philippines
Guatemala	Guinea-Bissau	Saudia Arabia
Guam	Ivory Coast	Singapura
Guyana	Kenya	Solomon Islands
Haiti	Liberia	Sri Lanka
Honduras	Madagascar	Taiwan
Jamaica	Malawi	Thailand
Mexico (Southern)	Mali	Vietnam
Nicaragua	Mauritania	Yemen
Panama	Mauritius	
Paraguay (Northern)	Mozambique	
Peru	Namibia	
Puerto Rico	Nigeria	
Venezuela	Somalia	
	Sudan	
	Tanzania	
	Zaire	
	Zambia	
	Zimbabwe	

Sumber: Vincent *et al.*, 2014

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dan beriklim tropis, dengan curah hujan tertinggi terjadi di daerah dataran

rendah. Daerah pegunungan mengalami suhu yang lebih dingin. Musim hujan terjadi antara November dan April, dan pada bulan Mei hingga Oktober biasanya kering. Ada sedikit variasi suhu dari musim ke musim dan variasi yang relatif kecil berdasarkan ketinggian (rata-rata 23°C di daerah pegunungan dan 28°C di daerah pesisir). Ada lebih banyak variabilitas dalam curah hujan menurut ketinggian: rata-rata curah hujan tahunan di dataran rendah sekitar 1.800 mm hingga 3.200 mm dibandingkan dengan daerah pegunungan, yang dapat mencapai hingga 6.000 mm. Iklim Indonesia terutama dipengaruhi oleh *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), di mana kondisi yang lebih kering dialami selama peristiwa El Nino dan kondisi yang lebih basah selama peristiwa La Nina (World Bank Group, 2021).

Indonesia memiliki 17.000 lebih pulau yang terletak di antara dua benua, Asia dan Australia, dan di antara dua samudera, Pasifik dan Samudera Hindia. Karena letak geografisnya, Indonesia memiliki tingkat keanekaragaman hayati, dan endemisitas yang sangat tinggi, dan memiliki tingkat keanekaragaman hayati yang lebih tinggi daripada negara lain di dunia, bersama dengan Brasil dan Kolombia (MOEF, 2020). Luas daratan Indonesia hampir seluas 188 juta hektare, 63% dari total luas lahan dari area ini ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia sebagai kawasan hutan nasional (USAID, 2019).

Berdasarkan data tutupan lahan tahun 2017, 93,9 juta hektare (50%) lahan di Indonesia memiliki tutupan hutan. Sebagian besar kawasan hutan ini terdapat di Papua dengan luas 33,8 juta hektare, Kalimantan dengan luas 26,7 juta hektare, Sumatera dengan luas 13 juta hektare, dan Sulawesi dengan luas 9,2 juta hektare (KLHK, 2018a). Kawasan Hutan Indonesia memiliki sekitar 15 juta hektare lahan gambut, yang merupakan 12 persen dari total luas negara, tersebar terutama di pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua, yang merupakan lahan gambut tropis terbesar di dunia (MOEF, 2020).

Hutan tropis lembap merupakan suatu bioma hutan yang selalu basah sepanjang tahun artinya hutan tersebut selalu diguyur hujan (Subagiyo, Herliani, *et al.*, 2019). Hutan tropis lembap juga disebut paru-paru dunia karena menghasilkan hampir 40% oksigen yang ada,

oleh karena itu keberlangsungan wilayah ini menjadi penting bagi masyarakat. Urgensi isu ini menjadikannya salah satu dari 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs) yaitu menjaga ekosistem darat (United Nations New York, 2017).

Di sisi lain, permasalahan-permasalahan lingkungan tropis terus dilaporkan dalam hasil studi ilmiah misalnya penurunan kualitas air di wilayah Kalimantan (Subagiyo, Nuryadin, *et al.*, 2019) serta pengurangan luasan hutan dan kebakaran hutan (McAlpine & A, 2018; Measey, 2010). Keadaan ini menimbulkan masalah bagi manusia, hewan dan tumbuhan yang hidup di sekitar lingkungan tropis.

Dengan tingkat keanekaragaman hayati Indonesia yang tinggi, diperlukan pengelolaan yang tepat untuk memastikan bahwa semua elemen masyarakat mendapat manfaat dari sumber daya ini. Pengelolaan sumber daya yang tepat memerlukan perhatian pada tiga aspek, yaitu konservasi, penggunaan berkelanjutan, dan pemerataan manfaat dari pemanfaatan sumber daya tersebut (MOEF, 2020). Sesuai dengan prinsip konservasi, maka pengelolaan kawasan konservasi berkaitan dengan kegiatan utama perlindungan ekosistem sebagai sistem penopang kehidupan (*life support system*), pengawetan sumber daya alam dan genetiknya, serta pemanfaatan secara lestari (KLHK, 2018b).

Lingkungan hutan tropis, tidak hanya berbicara tentang hutan tropis dengan ciri curah hujan dan kelembapan yang tinggi, tetapi juga berbicara tentang hubungannya dengan aspek-aspek lain yang ada di sekitarnya. Aspek-aspek tersebut terdiri atas aspek biotik dan abiotik yang saling berinteraksi dan menentukan karakteristik hutan tropis (Qoyim, 2019). Aspek biotik meliputi makhluk hidup berupa hewan dan tumbuhan serta manusia yang hidup di lingkungan hutan tropis, sedangkan aspek abiotik dapat berupa iklim, curah hujan, suhu, kelembapan udara, dan sirkulasi angin.

Manusia merupakan salah satu faktor biotik yang paling besar pengaruhnya terhadap lingkungan hutan tropis. Lanskap hutan tropis berubah semakin cepat seiring dengan meningkatnya populasi dan perekonomian manusia. Pengaruh manusia terhadap lingkungan

hutan tropis berupa deforestasi, suksesi hutan kedua, variasi spasial dalam perubahan penggunaan lahan, perburuan liar, dan spesies *invasive* (Wright, 2005). Selain itu, dari tahun 1990 sampai 1998, mulai ada kesadaran secara luas mengenai konsep bahwa masyarakat yang tinggal di dalam dan di sekitar hutan dapat memainkan peran aktif dalam pengelolaan hutan. Mulai dari tahun 2007 sampai tahun 2013, sejumlah peraturan telah dikeluarkan untuk mendukung peran masyarakat dalam pengelolaan hutan (KLHK, 2018b). Oleh karena itu, kelestarian lingkungan sangat erat kaitannya dengan pola konsumsi individu yang kemudian menjadi pola masyarakat.



Lembar Kerja 1

Topik: Mengetahui Indonesia sebagai negara tropis

Petunjuk pengerjaan:


- *Scan barcode* di samping dan tontonlah video tersebut mengenai Indonesia sebagai negara tropis.
- Setelah menonton video tersebut jawablah 3 pertanyaan di bawah ini.

SCAN ME



Jawablah pertanyaan berikut terkait video yang telah ditonton mengenai Indonesia sebagai negara tropis!

1. Dapatkah Anda mengidentifikasi 5 kota atau kabupaten di Indonesia yang ada di video tersebut?
2. Apa yang Anda rasakan terhadap gambaran lingkungan Indonesia yang terdapat dalam video tersebut?
3. Apa yang akan terjadi pada 10 tahun ke depan mengenai keadaan alam Indonesia?



“Lingkungan bukanlah milik siapa pun
untuk dihancurkan; itu merupakan
tanggung jawab semua orang untuk
melindungi.”

- Mohith Agadi-

 Lokasi: Kabupaten Kuningan, Jawa Barat

BAB III

PROBLEMATIKA LINGKUNGAN TROPIS DAN KAITANNYA DENGAN PENDIDIKAN LINGKUNGAN

Dalam periode sepuluh tahun terakhir, keadaan lingkungan global yang terus menurun membuat lembaga internasional Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) atau United Nations mendeklarasikan 17 SDGs pada tahun 2015. SDGs merupakan kerangka bersama untuk menjaga kedamaian dan keberlangsungan manusia pada masa kini dan masa yang akan datang. Tujuan-tujuan yang tertera dalam SDGs merupakan topik yang merepresentasikan adanya permasalahan penting pada topik tersebut yang membutuhkan partisipasi aktif secara global dari seluruh masyarakat dunia termasuk masyarakat di lingkungan tropis.

Untuk memudahkan pelaksanaan dan pemantauan, 17 tujuan SDGs dikelompokkan ke dalam empat pilar yaitu;

- a. Pilar pembangunan sosial: meliputi Tujuan 1, 2, 3, 4 dan 5
- b. Pilar pembangunan ekonomi: meliputi Tujuan 7, 8, 9, 10 dan 17
- c. Pilar pembangunan lingkungan: meliputi Tujuan 6, 11, 12, 13, 14 dan 15
- d. Pilar pembangunan hukum dan tata kelola: meliputi Tujuan 16

Pilar pembangunan lingkungan meliputi tujuan 6 yaitu air bersih dan sanitasi layak, tujuan 11 yaitu kota dan komunitas yang berkelanjutan, tujuan 12 yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, tujuan 13 yaitu perubahan iklim, tujuan 14 yaitu menjaga ekosistem laut, dan tujuan 15 yaitu menjaga ekosistem darat. Walaupun hanya ada 6 tujuan yang dikaitkan dengan pembangunan lingkungan, tentunya pilar-pilar lain juga sangat terkait untuk mendukung tercapainya pembangunan lingkungan.

Tujuan 6, 11, 12, 13, 14, dan 15 memiliki indikator untuk dapat mencapai target keberhasilan. Indikator ini disesuaikan dengan tiap

tujuan yang ingin dicapai. Target serta indikator untuk tiap tujuan pada pilar pembangunan lingkungan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Target dan Indikator Tiap Tujuan pada Pilar Pembangunan Lingkungan

Target	Indikator		Keterangan
Tujuan 6 Air Bersih dan Sanitasi Layak			
6.1. Pada tahun 2030, mencapai akses universal dan merata terhadap air minum yang aman dan terjangkau bagi semua.	6.1.1	Persentase rumah yang menggunakan layanan air minum yang dikelola secara aman	Indikator nasional sesuai dengan indikator global
6.2. Pada tahun 2030, mencapai akses terhadap sanitasi dan kebersihan yang memadai dan merata bagi semua, dan menghentikan praktik buang air besar sembarangan di tempat terbuka, memberikan perhatian khusus pada kebutuhan kaum perempuan, serta kelompok masyarakat rentan.	6.2.1	Persentase rumah tangga yang menggunakan layanan sanitasi yang dikelola secara aman, termasuk fasilitas cuci tangan dengan air dan sabun.	Indikator nasional sesuai dengan indikator global
6.3. Pada tahun 2030, meningkatkan kualitas air dengan mengurangi polusi, menghilangkan pembuangan, dan meminimalkan pelepasan material dan bahan kimia berbahaya, mengurangi setengah proporsi air limbah yang tidak diolah, dan secara signifikan meningkatkan daur ulang, serta penggunaan kembali barang daur	6.3.1	Proporsi limbah cair rumah tangga dan industri cair yang diolah secara aman	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	6.3.1 (a)	Persentase limbah cair industri yang dikelola secara aman	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	6.3.2	Proporsi badan air dengan kualitas air ambien yang baik	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	6.3.2 (a)	Kualitas air permukaan sebagai air baku	Indikator nasional sebagai

Target	Indikator		Keterangan
ulang yang aman secara global.			proksi indikator global
	6.3.2 (b)	Kualitas air tanah sebagai air baku	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
6.4. Pada tahun 2030, secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air di semua sektor, dan menjamin penggunaan dan pasokan air tawar yang berkelanjutan untuk mengatasi kelangkaan air, dan secara signifikan mengurangi jumlah orang yang menderita akibat kelangkaan air.	6.4.1	Perubahan efisiensi penggunaan air dari waktu ke waktu	Indikator global yang akan dikembangkan
	6.4.2	Tingkat <i>water stress</i> : proporsi pengambilan (<i>withdrawal</i>) air tawar terhadap ketersediaannya	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	6.4.2 (a)	Proporsi pengambilan air baku bersumber dari air permukaan terhadap ketersediaannya	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	6.4.2 (b)	Proporsi pengambilan air baku bersumber dari air tanah terhadap ketersediaannya	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
6.5. Pada tahun 2030, menerapkan pengelolaan sumber daya air terpadu di semua tingkatan, termasuk melalui kerja sama lintas batas sesuai kepantasan.	6.5.1	Tingkat pelaksanaan pengelolaan sumber daya air secara terpadu (0-100)	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	6.5.2	Proporsi wilayah cekungan lintas batas dengan pengaturan kerja sama sumber daya air yang operasional	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
6.6. Pada tahun 2020, melindungi dan merestorasi ekosistem terkait sumber daya air, termasuk pegunungan, hutan, lahan basah, sungai, air tanah, dan danau.	6.6.1	Perubahan tingkat sumber daya air terkait ekosistem dari waktu ke waktu	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
6.a. Pada tahun 2030, memperluas kerja sama dan dukungan internasional dalam hal pembangunan kapasitas bagi negara-negara	6.a.1	Jumlah ODA terkait air dan sanitasi yang menjadi bagian rencana belanja pemerintah.	Indikator global yang akan dikembangkan

Target	Indikator		Keterangan
berkembang, dalam program dan kegiatan terkait air dan sanitasi, termasuk pemanenan air, desalinasi, efisiensi air, pengolahan air limbah, daur ulang dan teknologi daur ulang.			
6.b. Mendukung dan memperkuat partisipasi masyarakat lokal dalam meningkatkan pengelolaan air dan sanitasi.	6.b.1	Proporsi unit pemerintah lokal yang menerbitkan dan melaksanakan kebijakan dan prosedur terkait partisipasi masyarakat dalam pengelolaan air dan sanitasi.	Indikator global yang akan dikembangkan
Tujuan 11 Kota dan Pemukiman yang Berkelanjutan			
11.1 Pada tahun 2030, menjamin akses bagi semua terhadap perumahan yang layak, aman, terjangkau, dan pelayanan dasar, serta menata kawasan kumuh.	11.1.1	Proporsi populasi penduduk perkotaan yang tinggal di daerah kumuh, permukiman liar atau rumah yang tidak layak.	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.1.1 (a)	Persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap hunian yang layak dan terjangkau	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
11.2. Pada tahun 2030, menyediakan akses terhadap sistem transportasi yang aman, terjangkau, mudah diakses dan berkelanjutan untuk semua, meningkatkan keselamatan lalu lintas, terutama dengan memperluas jangkauan transportasi umum, dengan memberi perhatian khusus pada kebutuhan mereka yang berada dalam situasi	11.2.1	Proporsi populasi yang mendapatkan akses yang nyaman pada transportasi publik, terpilah menurut jenis kelamin, kelompok usia, dan penyandang disabilitas	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.2.1 (a)	Proporsi populasi yang mendapatkan akses yang nyaman pada transportasi publik	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.2.1 (b)	Persentase penduduk terlayani transportasi umum	Indikator nasional sebagai proksi

Target	Indikator		Keterangan
rentan, perempuan, anak, penyandang difabilitas dan orang tua.			indikator global
11.3 Pada tahun 2030, memperkuat urbanisasi yang inklusif dan berkelanjutan serta kapasitas partisipasi, perencanaan penanganan permukiman yang berkelanjutan dan terintegrasi di semua negara.	11.3.1	Rasio laju peningkatan konsumsi tanah dengan laju pertumbuhan penduduk	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.3.1 (a)	Rasio laju perluasan lahan terbangun terhadap laju pertumbuhan penduduk	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.3.2	Proporsi kota dengan struktur partisipasi langsung masyarakat sipil dalam perencanaan dan manajemen kota yang berlangsung secara teratur dan demokratis	Indikator global yang akan dikembangkan
11.4 Mempromosikan dan menjaga warisan budaya dunia dan warisan alam dunia.	11.4.1	Total pengeluaran per kapita yang diperuntukkan untuk preservasi, perlindungan, konservasi pada semua warisan budaya dan alam (dengan <i>Purchase Power Parity</i> , PPP)	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.4.1 (a)	Total pengeluaran per kapita yang diperuntukkan untuk preservasi, perlindungan, konservasi pada semua warisan budaya dan alam (non-PPP)	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
11.5 Pada tahun 2030, secara signifikan mengurangi jumlah kematian dan jumlah orang terdampak, dan secara substansial mengurangi kerugian	11.5.1	Jumlah korban meninggal, hilang dan terkena dampak bencana per 100.000 orang	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	11.5.2	Kerugian ekonomi langsung akibat	Indikator global yang

Target	Indikator		Keterangan
ekonomi relatif terhadap PDB global yang disebabkan oleh bencana, dengan fokus melindungi orang miskin dan orang-orang dalam situasi rentan.		bencana terhadap GDP, termasuk kerusakan bencana terhadap infrastruktur yang kritis dan gangguan terhadap pelayanan dasar	akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.5.2 (a)	Proporsi kerugian ekonomi langsung akibat bencana relatif terhadap PDB	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
11.6 Pada tahun 2030, mengurangi dampak lingkungan perkotaan per kapita yang merugikan, termasuk dengan memberi perhatian khusus pada kualitas udara, termasuk penanganan sampah kota.	11.6.1	Proporsi limbah padat perkotaan yang dikumpulkan secara teratur dengan pemrosesan akhir yang baik terhadap total limbah padat perkotaan yang dihasilkan oleh suatu kota	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.6.1 (a)	Persentase rumah tangga di perkotaan yang terlayani pengelolaan sampahnya	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.6.1 (b)	Persentase sampah nasional yang terkelola	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.6.2	Rata-rata tahunan materi partikular halus (PM 2,5 dan PM 10) di perkotaan (dibobotkan jumlah penduduk)	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.6.2 (a)	Rata-rata tahunan materi partikulat halus PM 10	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.6.2 (b)	Indeks kualitas udara	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.7 Pada tahun 2030, menyediakan ruang publik dan ruang terbuka	11.7.1	Proporsi ruang terbuka perkotaan untuk semua,

Target	Indikator		Keterangan
hijau yang aman, inklusif dan mudah dijangkau terutama untuk perempuan dan anak, manula dan penyandang disabilitas.		menurut kelompok usia, jenis kelamin dan penyandang disabilitas	dikembangkan dan memiliki proksi
	11.7.1 (a)	Proporsi ruang terbuka perkotaan untuk semua	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
	11.7.2	Proporsi orang yang menjadi korban kekerasan atau pelecehan seksual menurut jenis kelamin, usia, status disabilitas, dan tempat kejadian (12 bulan terakhir)	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.7.2 (a)	Proporsi penduduk yang mengalami kejahatan kekerasan dalam 12 bulan terakhir	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
11.a Mendukung hubungan ekonomi, sosial, dan lingkungan antara urban, pinggiran kota, dan perdesaan dengan memperkuat perencanaan pembangunan nasional dan daerah.	11.a.1	Jumlah negara yang memiliki kebijakan perkotaan nasional atau rencana pembangunan daerah yang (a) merespons dinamika penduduk; (b) memastikan keseimbangan perencanaan wilayah; dan (c) meningkatkan ruang fiskal daerah.	Indikator global yang akan dikembangkan dan memiliki proksi
	11.a.1 (a)	Proporsi penduduk yang tinggal di daerah dengan RTRW yang sudah dilengkapi KLHS	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
11.b Pada tahun 2020, meningkatkan secara substansial jumlah kota dan permukiman yang mengadopsi dan mengimplementasikan kebijakan dan perencanaan yang	11.b.1	Rencana dan implementasi strategi nasional penanggulangan bencana yang selaras dengan <i>The Sendai Framework for Disaster Risk</i>	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global

Target		Indikator	Keterangan
terintegrasi tentang penyertaan, efisiensi sumber daya, mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim, ketahanan terhadap bencana, serta mengembangkan dan mengimplementasikan penanganan holistik risiko bencana di semua lini, sesuai dengan <i>The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030</i> .		<i>Reduction 2015–2030</i>	
	11.b.2	Persentase pemerintah daerah yang mengadopsi dan menerapkan strategi penanggulangan bencana daerah yang selaras dengan rencana atau strategi nasional penanggulangan bencana	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
11.c Memberikan dukungan kepada negara-negara kurang berkembang, melalui bantuan keuangan dan teknis, dalam membangun bangunan yang berkelanjutan dan tangguh, dengan memanfaatkan bahan lokal.	11.c.1	-	Tidak ada indikator global untuk target ini
	11.c.1 (a)	Persentase Daerah yang memiliki Perda Bangunan Gedung yang Berkelanjutan, Berketahanan menggunakan Material Lokal	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
Tujuan 12 Komsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab			
12.1 Melaksanakan <i>The 10-Year Framework of Programmes on Sustainable Consumption and Production Patterns</i> , dengan semua negara mengambil tindakan, dipimpin negara maju, dengan mempertimbangkan pembangunan dan kapasitas negara berkembang.	12.1.1	Rencana dan implementasi Strategi Pelaksanaan Sasaran Pola Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
12.2 Pada tahun 2030, mencapai pengelolaan	12.2.1	Jejak material (<i>material footprint</i>)	Indikator global yang akan

Target	Indikator	Keterangan	
berkelanjutan dan pemanfaatan sumber daya alam secara efisien.		dikembangkan	
	12.2.2	Konsumsi material domestik (<i>domestic material consumption</i>)	Indikator global yang akan dikembangkan
12.3 Pada tahun 2030, mengurangi hingga setengahnya limbah pangan per kapita global di tingkat ritel dan konsumen dan mengurangi kehilangan makanan sepanjang rantai produksi dan pasokan termasuk kehilangan saat pasca panen.	12.3.1	(a) Indeks kehilangan makanan (<i>Food loss index</i>); dan (b) Indeks sampah makanan (<i>Food waste index</i>)	Indikator global yang akan dikembangkan
	12.3.1 (a)	Persentase sisa makanan	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
12.4 Pada tahun 2020 mencapai pengelolaan bahan kimia dan semua jenis limbah yang ramah lingkungan, di sepanjang siklus hidupnya, sesuai kerangka kerja internasional yang disepakati dan secara signifikan mengurangi pencemaran bahan kimia dan limbah tersebut ke udara, air, dan tanah untuk meminimalkan dampak buruk terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.	12.4.1	Peran aktif dalam mengikuti kesepakatan multilateral internasional tentang bahan kimia dan limbah berbahaya.	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	12.4.1 (a)	Persentase pengurangan dan penghapusan merkuri dari <i>baseline</i> 50 ton penggunaan merkuri	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
	12.4.1 (b)	Persentase penurunan tingkat konsumsi perusak ozon dari <i>baseline</i>	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
	12.4.2	(a) Limbah B3 yang dihasilkan per kapita; dan (b) Proporsi limbah B3 yang ditangani atau diolah berdasarkan jenis penanganannya atau pengolahannya.	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
12.5 Pada tahun 2030, secara substansial mengurangi produksi limbah melalui pencegahan,	12.5.1	Tingkat daur ulang nasional, ton bahan daur ulang	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	12.5.1 (a)	Jumlah timbulan	Indikator

Target	Indikator		Keterangan
pengurangan, daur ulang, dan penggunaan kembali.		sampah yang didaur ulang.	nasional sebagai proksi indikator global
12.6 Mendorong perusahaan, terutama perusahaan besar dan transnasional, untuk mengadopsi praktik-praktik berkelanjutan dan mengintegrasikan informasi keberlanjutan dalam siklus pelaporan mereka.	12.6.1	Jumlah perusahaan yang mempublikasikan laporan keberlanjutannya	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	12.6.1 (a)	Jumlah perusahaan yang menerapkan sertifikasi SNI ISO 14001.	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
12.7 Mempromosikan praktik pengadaan publik yang berkelanjutan, sesuai dengan kebijakan dan prioritas nasional.	12.7.1	Tingkatan (<i>degree</i>) kebijakan pengadaan publik dan implementasi rencana aksi	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	12.7.1 (a)	Jumlah produk ramah lingkungan yang teregister dan masuk dalam pengadaan barang dan jasa pemerintah	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
	12.7.1 (b)	Jumlah dokumen penerapan label ramah lingkungan untuk pengadaan barang dan jasa	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
12.8 Pada tahun 2030, menjamin bahwa masyarakat di mana pun memiliki informasi yang relevan dan kesadaran terhadap pembangunan berkelanjutan dan gaya hidup yang selaras dengan alam.	12.8.1	Tingkat pengarusutamaan pendidikan warga negara global dan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan ke dalam (a) kebijakan pendidikan nasional, (b) kurikulum, (c) pendidikan guru dan (d) asesmen siswa.	Indikator global yang memiliki proksi dan perlu dikembangkan
	12.8.1 (a)	Jumlah satuan Pendidikan formal dan lembaga atau komunitas masyarakat peduli dan berbudaya	Indikator nasional sebagai indikator global

Target	Indikator		Keterangan
		lingkungan hidup	
	12.8.1 (b)	Jumlah fasilitas publik yang menerapkan Standar Pelayanan Masyarakat (SPM) dan teregister	Indikator nasional sebagai indikator global
12.a Mendukung negara-negara berkembang untuk memperkuat kapasitas ilmiah dan teknologi mereka untuk bergerak ke arah pola konsumsi dan produksi yang lebih berkelanjutan.	12.a.1	Kapasitas pembangkit energi terbarukan yang terpasang (dalam watt per kapita)	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
12.b Mengembangkan dan menerapkan perangkat untuk memantau dampak pembangunan berkelanjutan terhadap pariwisata berkelanjutan yang menciptakan lapangan kerja dan mempromosikan budaya dan produk lokal.	12.b.1	Mengimplementasikan perangkat akuntansi dasar untuk memantau aspek ekonomi dan lingkungan dari pariwisata keberlanjutan	Indikator global yang akan dikembangkan
	12.b.1 (a)	Jumlah lokasi penerapan <i>sustainable tourism development</i>	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
12.c Merasionalisasi subsidi bahan bakar fosil tidak efisien yang mendorong pemborosan konsumsi dengan menghilangkan distorsi pasar, sesuai dengan keadaan nasional, termasuk dengan restrukturisasi pajak dan penghapusan secara bertahap jika ada subsidi berbahaya, yang dicerminkan oleh dampak lingkungannya, dengan sepenuhnya memperhitungkan kebutuhan dan kondisi khusus negara-negara berkembang dan	12.c.1	(a) Jumlah subsidi bahan bakar fosil sebagai persentase dari PDB; dan (b) Jumlah subsidi bahan bakar fosil sebagai proporsi dari total pengeluaran nasional untuk bahan bakar fosil.	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global

Target	Indikator		Keterangan
meminimalkan dampak negatif yang bisa terjadi pada pembangunannya dengan cara yang melindungi rakyat miskin dan masyarakat yang terkena dampak.			
Tujuan 13 Penanganan Perubahan Iklim			
13.1 Memperkuat kapasitas ketahanan dan adaptasi terhadap bahaya terkait iklim dan bencana alam di semua negara.	13.1.1	Jumlah korban meninggal, hilang dan terkena dampak langsung bencana per 100.000 orang	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	13.1.2	Rencana dan implementasi strategi nasional penanggulangan bencana yang selaras dengan <i>The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030</i>	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	13.1.3	Persentase pemerintah daerah yang mengadopsi dan menerapkan strategi penanggulangan bencana daerah yang selaras dengan rencana atau strategi nasional penanggulangan bencana	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
13.2 Mengintegrasikan tindakan antisipasi perubahan iklim ke dalam kebijakan, strategi dan perencanaan nasional.	13.2.1	Terwujudnya penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca (GRK), serta <i>monitoring</i> , pelaporan dan verifikasi emisi GRK yang dilaporkan dalam dokumen <i>Biennial Update Report (BUR)</i> dan <i>National Communications</i>	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global

Target	Indikator		Keterangan
	13.2.2	Jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) per tahun	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	13.2.2 (a)	Potensi penurunan emisi gas rumah kaca (GRK)	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
	13.2.2 (b)	Potensi penurunan intensitas emisi gas rumah kaca (GRK)	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
13.3 Meningkatkan pendidikan, penumbuhan kesadaran, serta kapasitas manusia dan kelembagaan terkait mitigasi, adaptasi, pengurangan dampak dan peringatan dini perubahan iklim.	13.3.1	Tingkat pengarusutamaan pendidikan warga negara global dan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan ke dalam (a) kebijakan pendidikan nasional, (b) kurikulum, (c) pendidikan guru dan (d) asesmen siswa.	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	13.3.1 (a)	Jumlah satuan pendidikan formal dan lembaga/komunitas masyarakat peduli dan berbudaya lingkungan hidup	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
13.a Melaksanakan komitmen negara maju pada <i>The United Nations Framework Convention on Climate Change</i> untuk tujuan mobilisasi dana bersama sebesar 100 miliar dolar Amerika per tahun pada tahun 2020 dari semua sumber untuk mengatasi kebutuhan negara berkembang dalam konteks aksi mitigasi yang bermanfaat dan transparansi dalam	13.a.1	Jumlah dana yang disediakan dan mobilisasinya dalam USD per tahun terkait dengan keberlanjutan mobilisasi dana untuk mencapai komitmen 100 miliar USD sampai tahun 2025	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	13.a.1 (a)	Jumlah dana publik (<i>budget tagging</i>) untuk pendanaan perubahan iklim	Indikator nasional sebagai proksi indikator global

Target	Indikator		Keterangan
pelaksanaannya dan mengoperasionalisasi secara penuh The Green Climate Fund melalui kapitalisasi dana tersebut sesegera mungkin.			
13.b Menggalakkan mekanisme untuk meningkatkan kapasitas perencanaan dan pengelolaan yang efektif terkait perubahan iklim di negara kurang berkembang, negara berkembang pulau kecil, termasuk fokus pada perempuan, pemuda, serta masyarakat lokal dan marginal.	13.b.1	Jumlah negara-negara kurang berkembang dan negara berkembang kepulauan kecil dengan <i>Nationally Determined Contributions</i> (NDCs), strategi jangka panjang, rencana nasional adaptasi, dan strategi yang dilaporkan dalam <i>adaptation communications</i> dan <i>national communications</i>	Indikator global ini tidak relevan untuk Indonesia
Tujuan 14 Ekosistem Lautan			
14.1 Pada tahun 2025, mencegah dan secara signifikan mengurangi semua jenis pencemaran laut, khususnya dari kegiatan berbasis lahan, termasuk sampah laut dan polusi nutrisi.	14.1.1	(a) Indeks eutrofikasi pesisir dan (b) kepadatan sampah plastik terapung	Indikator global yang akan dikembangkan
	14.1.1 (a)	Presentase penurunan sampah terbuang ke laut	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
14.2 Pada tahun 2020, mengelola dan melindungi ekosistem laut dan pesisir secara berkelanjutan untuk menghindari dampak buruk yang signifikan, termasuk dengan memperkuat ketahanannya, dan melakukan restorasi	14.2.1	Penerapan pendekatan berbasis ekosistem dalam pengelolaan areal lautan	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	14.2.1 (a)	Terkelolanya 11 Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) secara berkelanjutan	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global

Target	Indikator		Keterangan
untuk mewujudkan lautan yang sehat dan produktif.			
14.3 Meminimalisasi dan mengatasi dampak pengasaman laut, termasuk melalui kerja sama ilmiah yang lebih baik di semua tingkatan.	14.3.1	Rata-rata keasaman laut (pH) yang diukur pada jaringan stasiun sampling yang disetujui dan memadai	Indikator global yang akan dikembangkan
14.4 Pada tahun 2020, secara efektif mengatur pemanenan dan menghentikan penangkapan ikan yang berlebihan, penangkapan ikan ilegal dan praktik penangkapan ikan yang merusak, serta melaksanakan rencana pengelolaan berbasis ilmu pengetahuan, untuk memulihkan persediaan ikan secara layak dalam waktu yang paling singkat yang memungkinkan, setidaknya ke tingkat yang dapat memproduksi hasil maksimum yang berkelanjutan sesuai karakteristik biologisnya.	14.4.1	Proporsi tangkapan jenis ikan laut yang berada dalam batasan biologis yang aman	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
14.5 Pada tahun 2020, melestarikan setidaknya 10 persen dari wilayah pesisir dan laut, konsisten dengan hukum nasional dan internasional dan berdasarkan informasi ilmiah terbaik yang tersedia.	14.5.1	Jumlah luas kawasan konservasi perairan laut	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
14.6 Pada tahun 2020, melarang bentuk-bentuk subsidi perikanan tertentu yang	14.6.1	Tingkat pelaksanaan dari instrumen internasional yang bertujuan untuk	Indikator global yang akan dikembangkan

Target	Indikator		Keterangan
berkontribusi terhadap kelebihan kapasitas dan penangkapan ikan berlebihan, menghilangkan subsidi yang berkontribusi terhadap penangkapan ikan ilegal, yang tidak dilaporkan & tidak diatur dan menahan jenis subsidi baru, dengan mengakui bahwa perlakuan khusus dan berbeda yang tepat dan efektif untuk negara berkembang & negara kurang berkembang harus menjadi bagian integral dari negosiasi subsidi perikanan pada The World Trade Organization (WTO).		memerangi penangkapan ikan yang ilegal, tidak dilaporkan dan tidak diatur (<i>IUU fishing</i>)	
	14.6.1 (a)	Persentase kepatuhan pelaku usaha	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
14.7 Pada tahun 2030, meningkatkan manfaat ekonomi dari pemanfaatan secara berkelanjutan sumber daya laut, termasuk melalui pengelolaan perikanan, budidaya dan pariwisata yang berkelanjutan.	14.7.1	Perikanan berkelanjutan sebagai presentase dari PDB	Indikator global yang akan dikembangkan
14.a Meningkatkan pengetahuan ilmiah, mengembangkan kapasitas penelitian dan alih teknologi kelautan, dengan mempertimbangkan <i>The Intergovernmental Oceanographic Commission Criteria and Guidelines</i> tentang Alih Teknologi Kelautan, untuk meningkatkan kesehatan laut dan	14.a.1	Proporsi dari total pengeluaran untuk penelitian yang dialokasikan untuk penelitian di bidang teknologi kelautan	Indikator global yang akan dikembangkan

Target	Indikator		Keterangan
meningkatkan kontribusi keanekaragaman hayati laut untuk pembangunan negara berkembang, khususnya negara berkembang kepulauan kecil, negara kurang berkembang dan semua negara.			
14.b Menyediakan akses untuk nelayan skala kecil (<i>small-scale artisanal fishers</i>) terhadap sumber daya laut dan pasar.	14.b.1	Tingkat penerapan kerangka hukum/ regulasi/kebijakan/ kelembagaan yang mengakui dan melindungi hak akses untuk perikanan skala kecil	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	14.b.1 (a)	Jumlah provinsi dengan peningkatan akses pendanaan usaha nelayan	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
	14.b.1 (b)	Jumlah nelayan yang terlindungi	Indikator nasional sebagai tambahan indikator global
14.c Meningkatkan pelestarian dan pemanfaatan berkelanjutan lautan dan sumber dayanya dengan menerapkan hukum internasional yang tercermin dalam <i>The United Nations Convention on the Law of the Sea</i> , yang menyediakan kerangka hukum untuk pelestarian dan pemanfaatan berkelanjutan lautan dan sumber dayanya, seperti yang tercantum dalam	14.c.1	Tersedianya kerangka kebijakan dan instrumen terkait pelaksanaan <i>The United Nations Convention on the Law of the Sea</i> (UNCLOS)	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global

Target	Indikator		Keterangan
ayat 158 dari <i>"The future we want"</i> .			
Tujuan 15 Ekosistem Daratan			
15.1 Pada tahun 2020, menjamin pelestarian, restorasi dan pemanfaatan berkelanjutan dari ekosistem daratan dan perairan darat serta jasa lingkungannya, khususnya ekosistem hutan, lahan basah, pegunungan dan lahan kering, sejalan dengan kewajiban berdasarkan perjanjian internasional.	15.1.1	Proporsi kawasan hutan terhadap total luas lahan	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
	15.1.2	Proporsi situs penting keanekaragaman hayati daratan dan perairan darat dalam kawasan konservasi, berdasarkan jenis ekosistemnya	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.1.2 (a)	Luas Kawasan Bernilai Konservasi Tinggi (HCV)	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
15.2 Pada tahun 2020, meningkatkan pelaksanaan pengelolaan semua jenis hutan secara berkelanjutan, menghentikan deforestasi, merestorasi hutan yang terdegradasi dan meningkatkan secara signifikan forestasi dan reforestasi secara global.	15.2.1	Kemajuan menuju pengelolaan hutan lestari	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.2.1 (a)	Jumlah KPH yang masuk kategori maju	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
15.3 Pada tahun 2020, menghentikan penggurunan, memulihkan lahan dan tanah kritis, termasuk lahan yang terkena penggurunan, kekeringan dan banjir, dan berusaha mencapai dunia yang bebas dari lahan terdegradasi.	15.3.1	Proporsi lahan yang terdegradasi terhadap luas lahan keseluruhan	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
15.4 Pada tahun 2030, menjamin pelestarian	15.4.1	Situs penting keanekaragaman	Indikator nasional yang

Target	Indikator		Keterangan
ekosistem pegunungan, termasuk keanekaragaman hayatinya, untuk meningkatkan kapasitasnya memberikan manfaat yang sangat penting bagi pembangunan berkelanjutan.		hayati pegunungan dalam kawasan konservasi	sesuai dengan indikator global
	15.4.2	Indeks tutupan hijau pegunungan	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
15.5 Melakukan tindakan cepat dan signifikan untuk mengurangi degradasi habitat alami, menghentikan kehilangan keanekaragaman hayati, dan, pada tahun 2020, melindungi dan mencegah lenyapnya spesies yang terancam punah.	15.5.1	Indeks Daftar Merah (<i>Red-list index</i>)	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
15.6 Meningkatkan pembagian keuntungan yang adil dan merata dari pemanfaatan sumber daya genetik, dan meningkatkan akses yang tepat terhadap sumber daya tersebut, sesuai kesepakatan internasional.	15.6.1	Kerangka kerja legislatif, administratif dan kebijakan untuk memastikan pembagian manfaat yang adil dan merata	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global
15.7 Melakukan tindakan cepat untuk mengakhiri perburuan dan perdagangan jenis flora dan fauna yang dilindungi serta mengatasi permintaan dan pasokan produk hidupan liar secara ilegal.	15.7.1	Proporsi satwa liar dari hasil perburuan atau perdagangan ilegal	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.7.1 (a)	Jumlah kasus perburuan atau perdagangan ilegal TSL	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
15.8 Pada tahun 2020, memperkenalkan langkah-langkah untuk mencegah masuknya dan secara signifikan	15.8.1	Kerangka legislasi nasional yang relevan dan memadai dalam pencegahan atau	Indikator nasional yang sesuai dengan indikator global

Target	Indikator		Keterangan
mengurangi dampak dari jenis asing invasif pada ekosistem darat dan air, serta mengendalikan atau memberantas jenis asing invasif prioritas.		pengendalian Jenis Asing Invasif (JAI)	
15.9 Pada tahun 2020, mengintegrasikan nilai-nilai ekosistem dan keanekaragaman hayati ke dalam perencanaan nasional dan daerah, proses pembangunan, strategi dan anggaran pengurangan kemiskinan.	15.9.1	(a) Rencana pemanfaatan Keanekaragaman Hayati Aichi 2 dari Rencana Strategis; dan (b) integrasi keanekaragaman hayati ke dalam sistem akuntansi dan pelaporan nasional atau Sistem Akuntansi Lingkungan-Ekonomi	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.9.1 (a)	Rencana pemanfaatan Keanekaragaman Hayati Aichi 2 dari Rencana Strategis	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
15.a Memobilisasi dan meningkatkan sumber daya keuangan secara signifikan dari semua sumber untuk melestarikan dan memanfaatkan keanekaragaman hayati dan ekosistem secara berkelanjutan.	15.a.1	(a) Bantuan pembangunan resmi untuk konservasi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan; dan (b) pendapatan yang dihasilkan dan pembiayaan dimobilisasi dari instrumen ekonomi terkait keanekaragaman hayati	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.a.1 (a)	Bantuan pembangunan resmi untuk konservasi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati	Indikator nasional sebagai proksi indikator global

Target	Indikator		Keterangan
		secara berkelanjutan	
15.b Memobilisasi sumber daya penting dari semua sumber dan pada semua tingkatan untuk membiayai pengelolaan hutan yang berkelanjutan dan memberikan insentif yang memadai bagi negara berkembang untuk memajukan pengelolaannya, termasuk untuk pelestarian dan reforestasi.	15.b.1	(a) Bantuan pembangunan resmi untuk konservasi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan; dan (b) pendapatan yang dihasilkan dan pembiayaan dimobilisasi dari instrumen ekonomi terkait keanekaragaman hayati	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.b.1 (a)	Bantuan pembangunan resmi untuk konservasi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan	Indikator nasional sebagai proksi indikator global
15.c Meningkatkan dukungan global dalam upaya memerangi perburuan dan perdagangan jenis yang dilindungi, termasuk dengan meningkatkan kapasitas masyarakat lokal mengejar peluang mata pencaharian yang berkelanjutan.	15.c.1	Proporsi kehidupan liar dari hasil perburuan atau perdagangan gelap	Indikator global yang memiliki proksi dan akan dikembangkan
	15.c.1 (a)	Jumlah kasus perburuan atau perdagangan ilegal TSL	Indikator nasional sebagai proksi indikator global

Sumber: Bappenas, 2020

Mengingat kompleksitas isu lingkungan yang ada di sekitar kita, dapat kita rasakan bersama bahwa aktivitas manusia dengan peningkatan populasinya terus mengurangi kapasitas bumi untuk mampu menopang kehidupan yang berkelanjutan. Sebagian penduduk dunia memiliki kesadaran yang lebih positif melalui tingkah laku yang lebih menjaga lingkungan. Misalnya kesadaran mengurangi dan memilah sampah yang sudah menjadi bagian dari kehidupan

masyarakat di negara maju seperti Jepang, Korea, dan Amerika Serikat.

Bagi guru IPA dan calon guru IPA, akan sangat bermanfaat jika kita memulai diskusi mengenai tema pembangunan kualitas lingkungan memahami bagaimana manusia perlu mengapresiasi alam dan keluasan isu-isu terkait lingkungan serta mampu mengidentifikasi bagaimana manusia sangat terkait dengan hubungan sebab akibat yang terjadi di alam. Lakukanlah diskusi dengan sesama guru IPA ataupun sesama calon guru IPA mengenai hal-hal tersebut dalam dengan panduan dari Lembar Kerja 2.



Lembar Kerja 2

Waktu Diskusi: 60 menit

Topik: Identifikasi Isu-isu Terkait Lingkungan dalam SDGs

Lakukanlah diskusi berikut dalam kelompok yang terdiri dari 3–5 orang guru atau calon guru IPA. Berdasarkan segala pengalaman dan bacaan yang Anda ketahui, masing-masing kelompok dapat menuliskan beberapa contoh isu lingkungan yang dirasa sesuai dengan tabel yang diberikan. Sebagai petunjuk diskusi, Anda dapat memulai dengan berdiskusi mengenai 1 isu misalnya:

1. Apa saja contoh isu air bersih yang kita alami di Indonesia?
2. Apa saja contoh isu air bersih yang kita alami di kota Samarinda?
3. Apa saja contoh masalah air bersih yang kita alami di fakultas kita?

Kemudian lanjutkan ke isu SDGs yang lain.

Untuk meringkas diskusi yang ada, tuliskanlah hasil diskusi pada kolom berikut ini:

SDGs	Isu	Lingkup		
		Nasional	Lokal atau Regional	Konteks Sekolah Anda
6	Air Bersih			
11	Kota dan Komunitas yang Berkelanjutan			
12	Konsumsi dan Produksi yang Bertanggungjawab			
13	Perubahan Iklim			
14	Menjaga Ekosistem Laut			
15	Menjaga Ekosistem Darat			

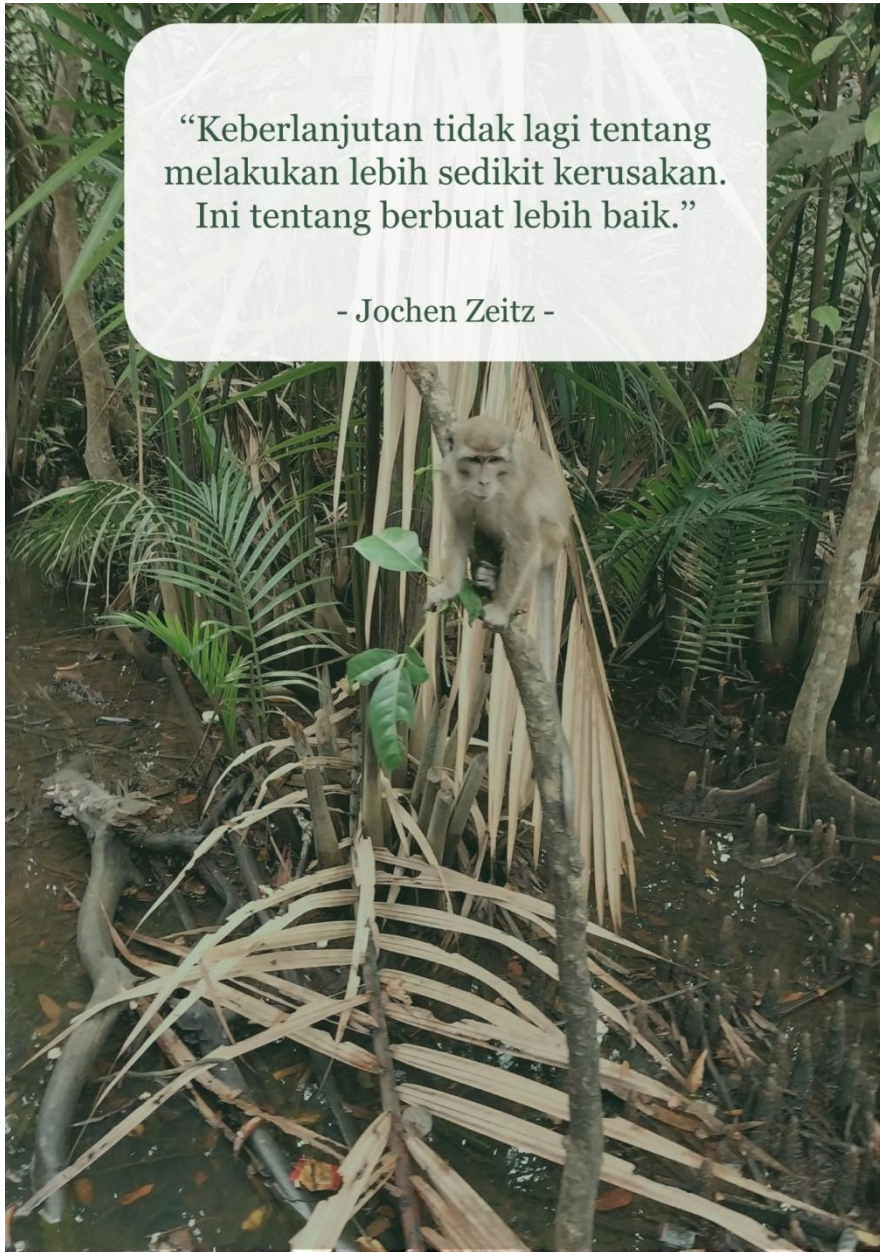
Setelah kelompok Anda melakukan diskusi awal dan mengisi tabel klasifikasi, lanjutkanlah diskusi dengan mengklasifikasikan kembali situasi-situasi berikut berdasarkan lingkup klasifikasinya!

No	Kasus	Klasifikasi lingkup
1	Hampir seperempat daratan di bumi terancam akan menjadi gurun	
2	Setelah terpublikasinya penyakit Minamata, ikan di Jepang masih memiliki kadar merkuri yang tinggi	
3	Banjir di Kota Samarinda semakin meresahkan masyarakat	
4	Air bersih sulit didapatkan di wilayah Kutai Barat	
5	Karena kegiatan wisata, habitat batu karang di wilayah perairan Pulau seribu Indonesia menjadi terganggu	
6	Populasi orang utan di Kalimantan berkurang 50%	

No	Kasus	Klasifikasi lingkup
7	Angka deforestasi Indonesia pada periode 2000-2005 adalah 1,8 juta hektare/tahun	
8	Ancaman penyakit yang berasal dari mikroba (<i>vector-borne diseases</i>) dan polusi bahan-bahan kimia terjadi di Benua Afrika	
9	Gelombang panas melanda Eropa Barat	
10	Perubahan suhu yang tidak teratur di Benua Antartika menyebabkan permukaan es terganggu	

“Keberlanjutan tidak lagi tentang
melakukan lebih sedikit kerusakan.
Ini tentang berbuat lebih baik.”

- Jochen Zeitz -



 Lokasi: Pulau Kembang, Kalimantan Selatan

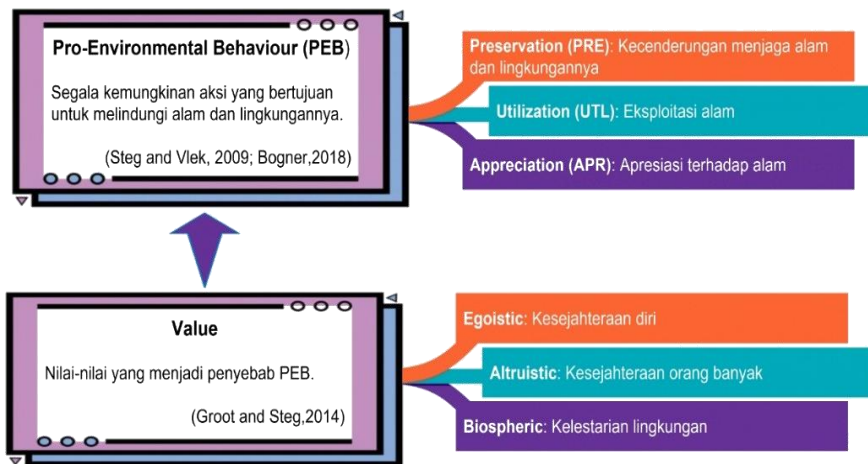
BAB IV

DEFINISI PRO-ENVIRONMENTAL BEHAVIOR

Keadaan lingkungan tropis yang semakin memprihatinkan membuat kepedulian masyarakat sekitar sangat perlu untuk dibangun. Prioritas kepada calon guru perlu diberikan mengingat sentralnya peran calon guru untuk membentuk PEB di masa yang akan datang (Munoz *et al.*, 2009). Kepedulian terhadap lingkungan yang dimiliki oleh seseorang sangat erat kaitannya dengan pemikiran yang menghubungkan berbagai pertimbangan yang kemudian muncul sebagai sikap tertentu. Pengukuran PEB banyak dilakukan dengan menggunakan dua aspek utama yaitu menganalisis antara kepeduliannya dengan lingkungan dengan pilihan-pilihan yang dia lakukan untuk menjaga kelestarian lingkungan (Yu *et al.*, 2017). Dalam banyak penelitian terdahulu, PEB diukur menggunakan dua aspek utama yaitu *Preservation* dan *Utilization*, namun pada tahun 2018, penambahan aspek lain yaitu *Appreciation* dilakukan (Bogner, 2018). PEB dipengaruhi oleh faktor yang terkait nilai-nilai yang dimiliki oleh seseorang. Nilai ini terdiri dari nilai *Egoistic* (kesejahteraan diri), *Altruistic* (kesejahteraan orang banyak), dan *Biospheric* (kelestarian alam) (Liu *et al.*, 2018). Gambaran umum mengenai PEB dan nilai yang menjadi pembentuknya dapat diamati pada Gambar 4.1.

Dalam arti singkat, PEB sendiri diartikan sebagai perilaku bersahabat dengan lingkungan yang terbentuk karena adanya aspek-aspek pembentuknya. PEB sendiri mencakup perilaku pada penggunaan moda transportasi, penggunaan material nonorganik, dan kegiatan industri, termasuk juga bagaimana individu menerapkan 3R, perilaku penghematan energi, dan *green consumption* (konsumsi produk ramah lingkungan) (Fitriana *et al.*, 2019).

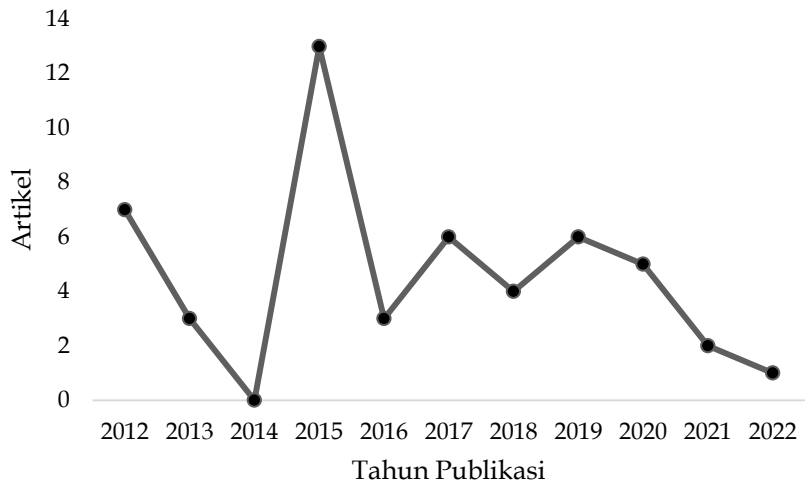
PEB dan Nilai/Faktor Penyebab



Gambar 4.1 Pro-environmental Behavior dan Nilai Terkait

Aspek-aspek yang mempengaruhi PEB ini tercatat telah menarik perhatian para psikolog dan pemerhati lingkungan sejak 50 tahun lalu (Kollmuss & Agyeman, 2002), dari sinilah kemudian dikenalkan kata “*pro-environmental behavior* (PEB)” dan dilanjutkan dengan dirumuskannya teori-teori yang mencoba untuk menjelaskan proses pembentukan PEB. Beberapa teori tersebut adalah *Theory of Planned Behavior* (TPB), yang dikembangkan dari *Theory of Reasoned Action* (TRA), *Norm Activation Model* (NAM) atau *Norm Activation Theory* (NAT), yang kemudian disempurnakan dengan penambahan aspek *values* dan *belief* menghasilkan *Value Belief Norm* (VBN) *Theory*.

Meskipun sudah lebih dari 50 tahun pengkajian PEB dilakukan, namun data menunjukkan bahwa frekuensi penelitian PEB di bidang pendidikan masih tergolong sedikit (lihat Gambar 4.2), bahkan dalam 2 tahun terakhir justru semakin menurun. Namun, Fakta menarik dari 10 tahun terakhir adalah, meskipun jumlah studi PEB di bidang pendidikan terbilang sedikit bahkan mengalami penurunan, ternyata persentase studi PEB di Asia mencapai angka 60% dari keseluruhan studi PEB di bidang pendidikan.



Gambar 4.2 Grafik Studi PEB di Bidang Pendidikan

Jumlah publikasi yang tinggi pada tahun 2015 salah satunya disebabkan oleh kesenjangan yang terjadi pada tahun sebelumnya. Karena kurangnya jumlah penelitian PEB di bidang pendidikan, topik tersebut harus menarik untuk beberapa penelitian. Akibatnya, banyak peneliti mencoba melakukan penelitian PEB di bidang pendidikan yang meningkatkan jumlah publikasi pada tahun 2015 (Dinurrohmah *et al.*, 2022).

Selain kurangnya angka studi PEB di bidang pendidikan, selama sepuluh tahun terakhir para peneliti tampaknya juga belum memfokuskan penelitian pada aspek teoretis PEB, yang mana hal ini tentu berpengaruh terhadap referensi strategi peningkatan PEB baik secara umum maupun pada pembelajaran PEB di kelas. Terbatasnya studi PEB di bidang pendidikan khususnya yang membahas PEB secara keseluruhan teori terjadi karena kompleksnya aspek-aspek yang membentuk PEB berdasarkan teori-teori tersebut. Kompleksitas dari aspek pembentuk PEB tersebutlah yang kemudian menjadi tantangan baru dan menarik di bidang pendidikan, untuk melakukan pembelajaran PEB secara sederhana dan efektif.

Pengenalan dan peningkatan PEB pada dasarnya bukanlah inisiasi baru dalam skala nasional maupun internasional, karena hal tersebut telah tercantum pada SDGs, bahkan Bappenas telah mengategorikan 6 poin SDGs ke dalam pilar pembangunan lingkungan (Bappenas, 2020) yang memuat upaya pembangunan lingkungan secara fisik, serta peningkatan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan. Peran serta sektor pendidikan sangat diperlukan dalam upaya tersebut, melalui pembelajaran terintegrasi lingkungan.



Lembar Kerja 3

Waktu Diskusi: 60 menit

Topik: Merekognisi Relasi Manusia dan Lingkungan

1. Secara individu pilihlah satu isu terkait lingkungan yang menurut Anda sangat mengganggu dan *urgent* untuk segera diselesaikan. Buatlah poster untuk menjelaskan ide tersebut dengan ketentuan poster sebagai berikut!

Ketentuan Poster

- Poster menggunakan bahasa yang mudah dipahami dan mudah dibaca oleh pembaca.
- Poster tersusun dari kalimat yang jelas, singkat, serta bermakna.
- Poster dilengkapi dengan gambar, seperti foto atau ilustrasi yang menarik.
- Pemilihan warna *background* dan warna tulisan harus tepat agar pesan pada poster dapat tersampaikan dengan baik.
- Poster yang telah dibuat mampu menarik minat publik.

2. Secara berpasangan, berdiskusilah dengan panduan pertanyaan berikut ini:
 - a. Siapa sajakah pihak-pihak yang berkepentingan di dalam isu tersebut?
 - b. Siapakah pihak yang secara langsung berhubungan dengan isu tersebut?
 - c. Siapakah yang kualitas hidupnya akan terdampak jika masalah lingkungan ini terus berlangsung?



Lembar Kerja 4

Topik: Mengaitkan Level PEB dengan Lingkungan

1. Secara individu, *scan barcode* di samping untuk mengisi angket mengenai PEB. Angket ini digunakan agar dapat mengetahui di mana level PEB Anda berada.
2. Setelah mengisi angket tersebut, perkirakan di mana kategori level PEB Anda berada sesuai dengan kategori di bawah ini:



Persentase Rentang Skor	Kategori
0,00% – 24,99%	Rendah
25,00% – 49,99%	Kurang
50,00% – 74,99%	Sedang
75,00% – 100,00%	Tinggi

3. Jawablah pertanyaan di bawah ini. Pertanyaan untuk butir a-d dijawab dengan menyesuaikan kategori level PEB Anda!
 - a. Jika level PEB Anda berada pada kategori rendah, berikan contoh dampak yang terjadi pada lingkungan!
 - b. Jika level PEB Anda berada pada kategori kurang, berikan contoh dampak yang terjadi pada lingkungan!
 - c. Jika level PEB Anda berada pada kategori sedang, berikan contoh dampak yang terjadi pada lingkungan!

- d. Jika level PEB Anda berada pada kategori tinggi, berikan contoh dampak yang terjadi pada lingkungan!
- e. Berikan penjelasan mengenai keterkaitan level PEB dengan lingkungan!



“Jadilah bagian dari solusi,
bukan bagian dari polusi.”

- Binary Perera -

 Lokasi: Sungai Mahakam, Kalimantan Timur

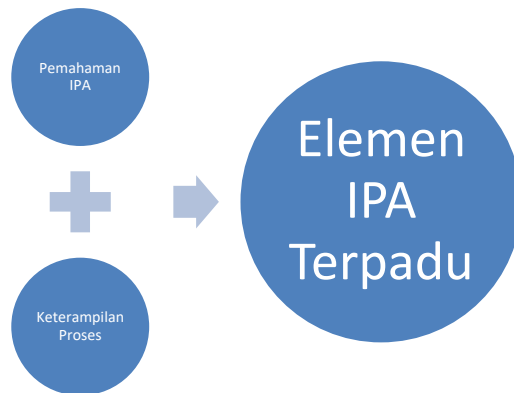
BAB V

CAPAIAN PEMBELAJARAN TERKAIT LINGKUNGAN DALAM PERSPEKTIF KURIKULUM MERDEKA SMP

Perubahan yang teramati secara mendasar dalam kurikulum merdeka dibandingkan dengan kurikulum 2013 adalah adanya pengelompokan berdasarkan fase. Untuk sekolah dasar (SD) terbagi menjadi tiga fase yaitu fase A (kelas 1 dan 2), fase B (kelas 3 dan 4) dan fase C (kelas 5 dan 6). Untuk sekolah menengah pertama (SMP) berada dalam satu fase yaitu fase D. Sedangkan untuk tingkat sekolah menengah atas (SMA) berada pada fase E (kelas X) dan fase F (kelas XI dan XII). Keleluasaan mendesain pembelajaran dalam fase ini membuka kesempatan bagi guru dan calon guru IPA khususnya untuk memberi penekanan pada topik-topik yang dianggap penting.

Dalam dokumen kurikulum, disampaikan Capaian Pembelajaran (CP) yang dapat ditentukan alurnya dalam satu fase oleh guru atau tim guru yang akan mengajar. Sebelum menganalisis terkait topik lingkungan dalam CP, ada baiknya kita mengenal terlebih dahulu penjelasan mengenai CP IPA Terpadu pada fase D. Berbekal CP yang telah diperoleh di fase A hingga C, *peserta didik mendeskripsikan bagaimana hukum-hukum alam terjadi pada skala mikro hingga skala makro dan membentuk sistem yang saling bergantung satu sama lain.* IPA Terpadu pada fase D ini, *peserta didik mengimplementasikan pemahaman terhadap konsep-konsep yang telah dipelajari untuk membuat keputusan serta menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari* (Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka, 2022). Relasi yang sangat kuat antara tujuan pembelajaran IPA Terpadu dengan lingkungan terlihat sangat kuat. Masalah-masalah dalam kehidupan sehari-hari diharapkan dapat dibahas dan diselesaikan secara sederhana sesuai dengan tingkatan siswa SMP pada fase D.

Memperhatikan karakteristik masing-masing bidang keilmuan, dalam kurikulum merdeka diperkenalkan elemen dari masing-masing mata pelajaran. Pada mata pelajaran IPA Terpadu, elemen yang diperkenalkan adalah elemen pemahaman IPA dan keterampilan proses yang membentuk keilmuan IPA terpadu (Gambar 5.1). Elemen ini cukup bersesuaian dengan kompetensi dasar yang ada dalam mata pelajaran IPA terpadu di Kurikulum 2013.



Gambar 5.1 Elemen IPA Terpadu

Elemen IPA terpadu ini kemudian dijabarkan kembali menjadi dalam tabel 5.1. CP yang dijabarkan akan dicapai oleh siswa SMP selama 3 tahun mengikuti pembelajaran di fase D.

Tabel 5.1 Elemen dan Capaian Pembelajaran IPA Terpadu

Elemen IPA Terpadu	Capaian Pembelajaran
Pemahaman IPA	<ul style="list-style-type: none"> • Mampu melakukan klasifikasi makhluk hidup dan benda berdasarkan karakteristik yang diamati, mengidentifikasi sifat dan karakteristik zat, membedakan perubahan fisik dan kimia serta memisahkan campuran sederhana. • Dapat mendeskripsikan atom dan senyawa sebagai unit terkecil penyusun materi serta sel sebagai unit terkecil penyusun makhluk hidup, mengidentifikasi sistem organisasi kehidupan serta melakukan analisis untuk

Elemen IPA Terpadu	Capaian Pembelajaran
	<p>menemukan keterkaitan sistem organ dengan fungsinya serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ tertentu (sistem pencernaan, sistem peredaran darah, sistem pernafasan dan sistem reproduksi).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi interaksi antarmakhluk hidup dan lingkungannya, serta dapat merancang upaya-upaya mencegah dan mengatasi pencemaran dan perubahan iklim. Peserta didik mengidentifikasi pewarisan sifat dan penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. • Mampu melakukan pengukuran terhadap aspek fisis yang mereka temui dan memanfaatkan ragam gerak dan gaya (<i>force</i>), memahami hubungan konsep usaha dan energi, mengukur besaran suhu yang diakibatkan oleh energi kalor yang diberikan, sekaligus dapat membedakan isolator dan konduktor kalor. • Memahami gerak, gaya dan tekanan, termasuk pesawat sederhana. Peserta didik memahami getaran dan gelombang, pemantulan dan pembiasan cahaya termasuk alat-alat optik sederhana yang sering dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari Peserta didik dapat membuat rangkaian listrik sederhana, memahami gejala kemagnetan dan kelistrikan untuk menyelesaikan tantangan atau masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. • Mengelaborasi pemahamannya tentang posisi relatif bumi-bulan-matahari dalam sistem tata surya dan memahami struktur lapisan bumi untuk menjelaskan fenomena alam yang terjadi dalam rangka mitigasi bencana. • Mengenal pH sebagai ukuran sifat keasaman suatu zat serta menggunakannya untuk mengelompokkan materi (asam-basa berdasarkan pH nya). Dengan pemahaman ini peserta didik mengenali sifat fisika dan kimia tanah serta hubungannya dengan organisme serta pelestarian lingkungan. Peserta didik memiliki keteguhan dalam mengambil keputusan yang benar untuk menghindari zat

Elemen IPA Terpadu	Capaian Pembelajaran
	aditif dan adiktif yang membahayakan dirinya dan lingkungan.
Keterampilan proses	<ul style="list-style-type: none"> • Mengamati • Mempertanyakan dan memprediksi • Merencanakan dan melakukan penyelidikan • Memproses, menganalisis data dan informasi • Menyajikan data dalam bentuk tabel, grafik, dan model serta menjelaskan hasil pengamatan dan pola atau hubungan pada data secara digital atau nondigital • Mengevaluasi dan refleksi. Mengevaluasi kesimpulan melalui perbandingan dengan teori yang ada • Mengomunikasikan hasil

Dalam pembelajaran IPA Terpadu Fase D (untuk level SMP), tema-tema yang relevan dengan pembentukan *pro-environmental behavior* (PEB) dapat teramati melalui kata-kata kunci dalam CP yang ada di tabel 5.1. Topik-topik dalam pemahaman IPA, seperti pelestarian lingkungan, mitigasi bencana, dan merancang upaya untuk mencegah dan mengatasi pencemaran serta perubahan iklim.

Walaupun secara internasional dikenal istilah pendidikan lingkungan, namun pada struktur kurikulum formal di Indonesia tidak ada (Parker & Prabawa-Sear, 2019). Pendidikan lingkungan menjadi sisipan dalam beberapa mapel terutama IPA Terpadu. Sehingga analisis terhadap CP IPA Terpadu yang dilakukan sangat penting untuk dipahami oleh guru dan calon guru IPA.



Lembar Kerja 5

Pendidikan lingkungan adalah proses mengenali nilai-nilai dan memperjelas konsep dalam mengembangkan *skill* dan sikap yang perlu untuk memahami hubungan yang saling berkorelasi antara manusia, budaya yang melingkupinya dan lingkungan alam tempat manusia ini hidup. Dalam pendidikan lingkungan perlu juga dilatihkan cara pengambilan keputusan dan tingkah laku terkait lingkungan.

Diskusikanlah dalam kelompok Anda, bagaimana tujuan pendidikan lingkungan ini ada hubungannya dengan pemahaman Anda terhadap CP IPA Terpadu Kurikulum Merdeka!

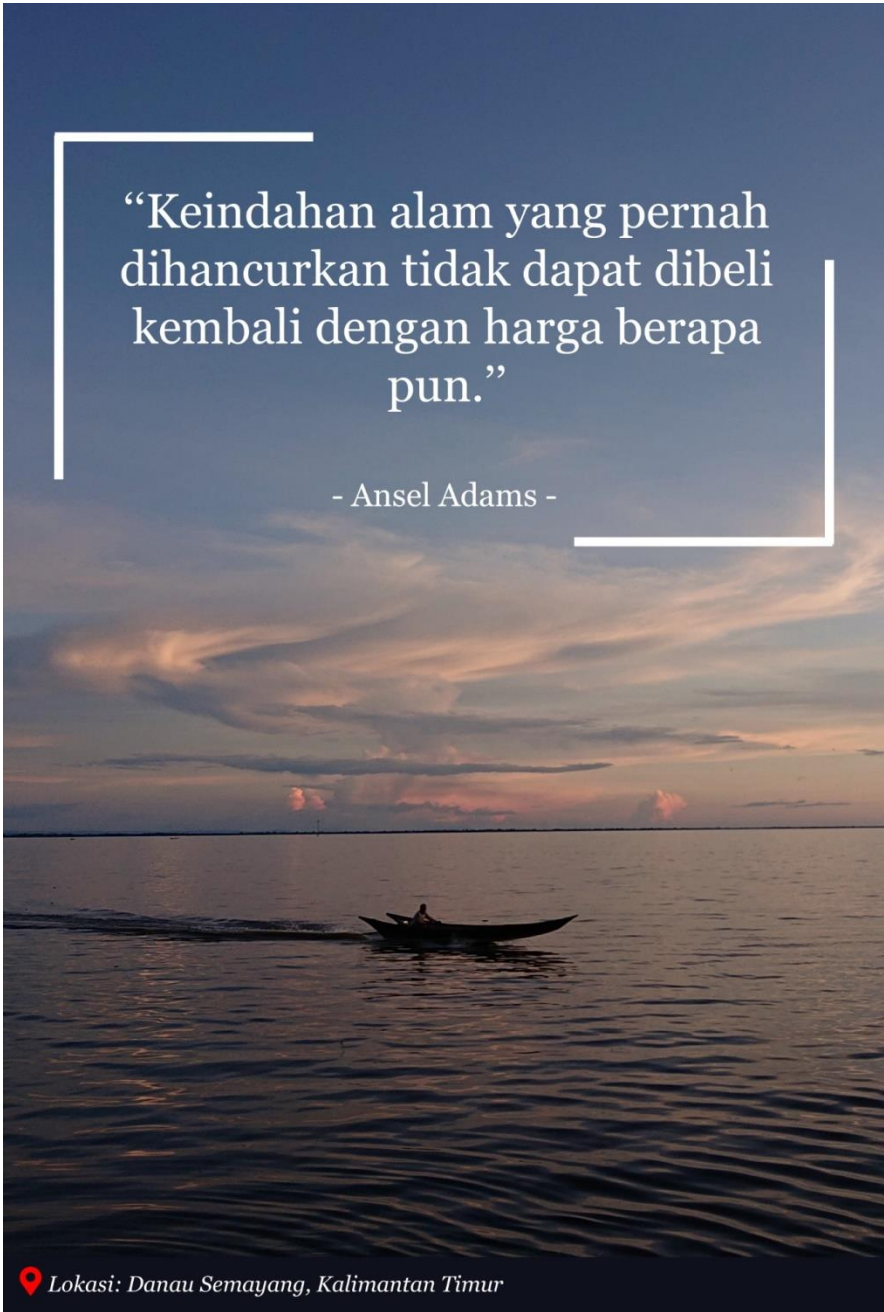


Lembar Kerja 6

Diskusikanlah topik dalam tabel berikut ini dengan memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang kelompok Anda setuju:

No	Karakteristik Pendidikan Lingkungan	Definisi	Karakteristik Mata Pelajaran IPA	Karakteristik IPA Terpadu
1	Pendidikan lingkungan berorientasi pada masalah atau isu lingkungan			
2	Pendidikan lingkungan melibatkan kepedulian terhadap situasi yang memiliki konsekuensi nyata bagi masyarakat			
3	Pendidikan lingkungan bersifat interdisipliner dalam tujuan pengetahuannya			
4	Pendidikan lingkungan bersifat holistik			

No	Karakteristik Pendidikan Lingkungan	Definisi	Karakteristik Mata Pelajaran IPA	Karakteristik IPA Terpadu
5	Pendidikan lingkungan mencakup tindakan dalam kaitannya dengan masalah			
6	Pendidikan lingkungan mencari pilihan alternatif untuk situasi lingkungan			
7	Pendidikan lingkungan berkaitan dengan dasar pilihan di antara alternatif			
8	Pendidikan lingkungan bertujuan untuk memperjelas nilai-nilai			
9	Pendidikan lingkungan berupaya mengembangkan keterampilan untuk memecahkan masalah lingkungan			



“Keindahan alam yang pernah
dihancurkan tidak dapat dibeli
kembali dengan harga berapa
pun.”

- Ansel Adams -

 Lokasi: Danau Semayang, Kalimantan Timur

BAB VI

ISU KUALITAS AIR

Bumi dianggap sebagai “planet air”. Hal ini disebabkan karena sekitar 70% dari bumi tertutup oleh air, namun persentase air yang dapat diminum sangat kecil. Terhitung 97% air bumi adalah air asin dan hanya 3% sisanya adalah air tawar. Akan tetapi, sebagian besar air tawar di Bumi ini tidak dapat diakses secara langsung karena tersimpan sebagai gletser, yaitu sekitar 68,7%. Sebagian kecil air tawar, yaitu 30,1% dalam bentuk air tanah, dan hanya 0,3% tersedia sebagai air sungai dan danau. Terbatasnya ketersediaan air tawar yang dapat dimanfaatkan secara langsung membuat kita harus memanfaatkan sumber daya ini dengan sangat bijaksana dan kontrol terhadap kualitas air yang bersih menjadi sangat penting. Langkah pertama yang dapat dilakukan adalah mendidik diri kita sendiri dan generasi masa depan warga negara terhadap pentingnya menjaga air.

Kualitas air menjadi salah satu tantangan utama yang akan dihadapi masyarakat selama abad ke-21. Kualitas air yang menurun akan membuat kesehatan manusia terancam, produksi pangan menjadi terbatas, fungsi ekosistem semakin menurun, dan pertumbuhan ekonomi terhambat. Penurunan kualitas air akan berakibat langsung terhadap permasalahan lingkungan, sosial, dan ekonomi. Ketersediaan sumber daya air bersih dunia semakin langka akibat pencemaran sumber daya air tawar yang disebabkan oleh pembuangan sejumlah besar air limbah yang tidak diolah secara langsung ke badan air.

SDGs menetapkan masalah kualitas air menjadi salah satu permasalahan yang harus mendapatkan tindakan secara internasional dengan menetapkan “Tujuan 6” yang secara khusus bertujuan untuk menjamin ketersediaan dan pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua untuk menanggapi tantangan mendesak

yang ditimbulkan oleh permasalahan kualitas air. Kualitas air juga dibahas di bawah SDGs lain seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.1. Fokus yang jelas pada kualitas air dalam SDGs menunjukkan perhatian yang meningkat pada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas air di seluruh dunia.

Tabel 6.1 Daftar Tujuan dan Target SDGs yang Membahas tentang Kualitas Air

Tujuan	Target	
Tujuan 6 Air Bersih dan Sanitasi Layak	Menjamin Ketersediaan serta Pengelolaan Air Bersih dan Sanitasi yang Berkelanjutan untuk Semua	
	Target 6.1	Mencapai akses universal dan merata terhadap air minum yang aman dan terjangkau bagi semua
	Target 6.2	Mencapai akses terhadap sanitasi dan kebersihan yang memadai dan merata bagi semua, dan menghentikan praktik buang air besar di tempat terbuka, memberikan perhatian khusus pada kebutuhan kaum perempuan, serta kelompok masyarakat rentan
	Target 6.3	Meningkatkan kualitas air dengan mengurangi polusi, menghilangkan pembuangan, dan meminimalkan pelepasan material dan bahan kimia berbahaya, mengurangi setengah proporsi air limbah yang tidak diolah, dan secara signifikan meningkatkan daur ulang, serta penggunaan kembali barang daur ulang yang aman secara global
Target 6.6	Melindungi dan merestorasi ekosistem terkait sumber daya air, termasuk pegunungan, hutan, lahan basah, sungai, air tanah, dan danau	
Tujuan 1 Tanpa Kemiskinan	Target 1.4	Menjamin bahwa semua laki-laki dan perempuan, khususnya masyarakat miskin dan rentan, memiliki hak yang sama terhadap sumber daya ekonomi, serta akses terhadap pelayanan dasar, kepemilikan dan kontrol atas tanah dan bentuk kepemilikan lain, warisan, sumber daya alam, teknologi baru, dan jasa keuangan yang tepat, termasuk keuangan mikro

Tujuan	Target	
Tujuan 3 Kehidupan Sehat dan Sejahtera	Target 3.3	Mengakhiri epidemi AIDS, tuberkulosis, malaria, dan penyakit tropis yang terabaikan, dan memerangi hepatitis, penyakit bersumber air, serta penyakit menular lainnya
	Target 3.9	Secara signifikan mengurangi jumlah kematian dan kesakitan akibat bahan kimia berbahaya, serta polusi dan kontaminasi udara, air, dan tanah
Tujuan 12 Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab	Target 12.4	Mencapai pengelolaan bahan kimia dan semua jenis limbah yang ramah lingkungan, di sepanjang siklus hidupnya, sesuai kerangka kerja internasional yang disepakati dan secara signifikan mengurangi pencemaran bahan kimia dan limbah tersebut ke udara, air, dan tanah untuk meminimalkan dampak buruk terhadap kesehatan manusia dan lingkungan
Tujuan 15 Ekosistem Daratan	Target 15.1	Menjamin pelestarian, restorasi dan pemanfaatan berkelanjutan dari ekosistem daratan dan perairan darat serta jasa lingkungannya, khususnya ekosistem hutan, lahan basah, pegunungan dan lahan kering, sejalan dengan kewajiban berdasarkan perjanjian internasional

A. Parameter Kualitas Air

Kuantitas air yang melimpah tidak serta-merta dapat digunakan begitu saja, terutama untuk dikonsumsi manusia. Kualitas air ditentukan berdasarkan dari keperluan akan air itu sendiri, misalnya kualitas air yang digunakan untuk kolam renang berbeda dengan kualitas air yang dikonsumsi oleh manusia. Kualitas air yang layak untuk dikonsumsi atau digunakan harus memenuhi parameter tertentu. Misalnya, Menteri Kesehatan telah menetapkan standar baku mutu air dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 yang mengatur batas-batas parameter-parameter penentu kualitas air untuk keperluan tertentu. Batasan ini diperlukan untuk memastikan bahwa air yang akan digunakan tetap bebas dari kontaminan yang

dapat menyebabkan masalah kesehatan atau perkembangan penyakit yang ditularkan melalui air.

Parameter kualitas air meliputi sifat kimia, fisik, dan biologi dan dapat diuji atau diukur berdasarkan parameter air yang diinvestigasi. Minimal ada 5 syarat utama untuk dalam menentukan kualitas air, yaitu terbebas dari bahan kimia, tingkat pH dan suhu yang sesuai, kandungan amonia dan nitrit sangat rendah, dan tidak tercemar bahan organik. Untuk mengetahui apakah suatu perairan tersebut layak dan berkualitas, kita perlu mengetahui parameter-parameter kualitas air.

1. Parameter Fisika

a. Kekeruhan

Kekeruhan atau turbiditas merupakan ukuran seberapa keruhnya air. Sensor pengukur kekeruhan dirancang untuk mengukur kemampuan cahaya melewati air yang diukur. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat terjadi sebagai akibat dari konsentrasi lumpur, lempung, dan bahan organik yang lebih tinggi. Satuan dari pengukuran tingkat kekeruhan air adalah *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU).

b. Suhu

Beberapa aspek kualitas air yang bergantung pada suhu air di antaranya adalah bau, reaksi kimia, kelarutan, palatabilitas, dan viskositas. Hal ini mengindikasikan bahwa suhu merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas air. Suhu air yang ideal berkisar antara 10-16°C.

c. Warna

Warna fisika air dapat berubah karena bahan-bahan organik yang membusuk dalam air, terutama vegetasi. Bahan anorganik seperti batu dan tanah dapat mempengaruhi warna air. Warna air disebabkan oleh bahan tersuspensi dan warna padat terlarut. Warna air yang sebenarnya dapat diidentifikasi setelah semua bahan tersuspensi disaring keluar dari air. Warna air dapat dinilai pada skala yang berkisar dari 0-70 satuan warna. Air murni tidak mengandung satuan warna karena pada dasarnya tidak berwarna.

d. Rasa dan Bau

Rasa dan bau air dapat berubah sebagai akibat dari benda asing yang dimasukkan ke dalam air. Hal ini dapat mencakup bahan organik, gas terlarut, dan senyawa anorganik. Sebagian besar bahan ini berasal dari sumber pertanian, alam, dan domestik.

e. Padatan

Padatan dapat berupa suspensi atau zat terlarut ketika dimasukan ke dalam air. Padatan tersuspensi dapat dipisahkan melalui filtrasi sedangkan padatan terlarut tidak. Saat mengukur jumlah padatan dalam air, biasanya total padatan terlarut juga akan diukur. Padatan terlarut dapat diukur dengan menggunakan *hand-refractometer*.

f. Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik air mengukur seberapa baik sampel air dapat membawa atau menghantarkan arus listrik. Tingkat konduktivitas akan meningkat dengan meningkatnya jumlah ion dalam air. Konduktivitas yang tinggi berarti air mengandung kontaminan yang tinggi. Satuan utama pengukuran konduktivitas listrik meliputi mikromhos/cm dan miliSiemens/m (mS/m).

2. Parameter Kimia

a. pH

Saat mengukur kualitas air, pH adalah salah satu parameter pertama yang harus diukur. pH air mendeskripsikan seberapa asam atau basa air tersebut. Air dikatakan aman untuk diminum jika memiliki rentang pH antara 6,5 sampai 8,5.

b. Klorin

Meskipun klorin tidak terbentuk secara alami di dalam air, klorin biasanya ditambahkan ke air limbah untuk tujuan desinfeksi. Meskipun klorin pada dasarnya adalah gas beracun, larutan klorin dalam jumlah kecil sama sekali tidak berbahaya bagi manusia. Meski klorin berfungsi sebagai zat desinfektan

yang baik, namun klorin dapat menyebabkan keracunan jika penggunaannya berada di batas wajar. Residu klorin dapat diukur menggunakan spektrofotometer.

c. Kesadahan

Kesadahan terjadi ketika air mengandung kadar mineral yang tinggi. Jika dibiarkan, mineral terlarut dalam air dapat membuat endapan kerak pada pipa air panas. Mandi dengan air yang memiliki kandungan mineral tinggi, akan menyebabkan kesulitan menghasilkan busa dengan sabun. Kesadahan dalam air terutama disebabkan oleh adanya ion magnesium dan kalsium, yang dapat masuk ke air dari batu dan tanah. Kesadahan air dapat diukur dengan kolorimeter atau *strip test*.

d. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Air yang memiliki konsentrasi oksigen terlarut yang tinggi, mengindikasikan kualitas air yang tinggi. Jumlah konsentrasi oksigen dalam air tergantung pada banyak faktor, di antaranya adalah salinitas, tekanan, dan suhu air. Kadar oksigen terlarut dapat diukur dengan kolorimeter atau dengan metode elektrometri.

e. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Mikroorganisme seperti bakteri menggunakan bahan organik sebagai sumber makanan. Metabolisme bahan ini melibatkan konsumsi oksigen. Jika proses ini berlangsung di air, oksigen terlarut dalam sampel air akan dikonsumsi. Jika ada sejumlah besar bahan organik di dalam air, sejumlah besar oksigen terlarut akan dikonsumsi untuk memastikan bahwa bahan organik terurai. Namun, ini menimbulkan masalah karena tumbuhan dan hewan air membutuhkan oksigen terlarut untuk bertahan hidup. BOD dapat diukur dengan metode pengenceran. Kadar BOD tinggi mengindikasikan air yang tercemar.

3. Parameter Biologi

a. Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal yang dapat menelan makanan dan berkembang biak dengan cepat jika pada air, suplai makanan, dan suhu ideal. Bakteri dapat tumbuh dengan cepat sehingga hampir tidak mungkin untuk menghitung jumlah bakteri dalam sampel air. Dalam kebanyakan kasus, bakteri akan berkembang biak dengan lambat di air yang lebih dingin. Ada banyak penyakit berbahaya yang ditularkan melalui air yang dapat disebabkan oleh tingginya jumlah bakteri dalam air, termasuk kolera, tularemia, dan tifus.

b. Ganggang

Alga merupakan kelompok organisme tanaman akuatik yang beraneka ragam dan memiliki kemampuan untuk berfotosintesis. Tumbuhan ini mampu menghidupi diri sendiri dengan mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik berbantuan energi dari matahari. Sementara proses ini sedang berlangsung, ganggang mengkonsumsi karbon dioksida dan melepaskan oksigen. Masalah utama yang disebabkan oleh ganggang adalah munculnya bau dan rasa yang tidak sedap. Beberapa spesies alga juga dapat menimbulkan risiko kesehatan masyarakat yang serius, misalnya ganggang biru-hijau dapat membunuh ternak.

c. Virus

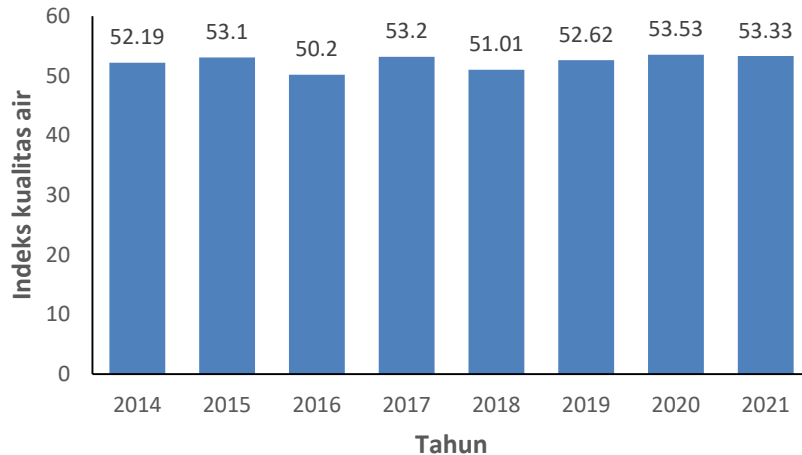
Virus adalah struktur biologis kecil yang dapat berbahaya bagi kesehatan seseorang. Hanya mikroskop elektronik yang kuat yang dapat melihat virus. Semua virus membutuhkan tubuh inang untuk hidup. Virus dapat melewati sebagian besar filter. Beberapa virus yang ditularkan melalui air dapat menyebabkan hepatitis dan masalah kesehatan serupa. Terlepas dari kesulitan dalam mengobati virus, sebagian besar fasilitas pengolahan air harus mampu menghilangkan virus selama proses desinfeksi.

B. Isu Kualitas Air di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya air tawar terbesar di dunia. Hasil Konvensi Hukum Laut Internasional atau *United Nation Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) pada tahun 1982 di Montego Bay, Jamaica, luas wilayah laut Indonesia sekitar 3.257.357 km² (Saksono, 2013). Berdasarkan data laporan Food and Agriculture Organization (FAO) pada tahun 2003, disebutkan bahwa ketersediaan air di Indonesia mencapai 2,79 triliun m³/tahun (FAO, 2003). Jumlah tersebut jauh lebih tinggi dari tingkat ketersediaan rata-rata dunia yang hanya 43,76 juta m³/tahun. Meskipun Indonesia memiliki ketersediaan air yang besar, namun hal ini tidak diimbangi dengan kemampuan pengelolaan sumber daya air yang baik.

Berdasarkan studi *Water Environment Partnership in Asia* (WEPA) (2006), ketersediaan air bersih di Indonesia secara kuantitas cenderung menurun akibat kerusakan dan pencemaran lingkungan, di mana laju degradasi sumber daya air mencapai 15-35% per kapita per tahun. Ada beberapa faktor penyebab penurunan kualitas sumber daya air di Indonesia, seperti limbah domestik. Masih banyak limbah domestik rumah tangga dibuang langsung ke badan sungai. Akibatnya, 59% dari 564 sungai di Indonesia tercemar berat, 26,6% tercemar sedang, dan 8,9 % tercemar ringan (BPS, 2021).

Berdasarkan data *Joint Monitoring Program* (JMP) WHO-Unicef pada tahun 2017, Indonesia baru memenuhi akses layak dasar air minum sebesar 89% dan berada pada peringkat kedua dari bawah untuk negara-negara ASEAN (JMP WHO-UNICEF, 2017). Hal ini berbanding terbalik dengan negara tetangga seperti Malaysia yang telah mencapai 90% akses aman air minum dan hanya 3% penduduk Malaysia yang memiliki akses layak dasar air minum. Negara Filipina memiliki peringkat di atas Indonesia dengan 47% penduduknya telah mendapatkan akses aman air minum dan 47% penduduknya mendapatkan akses layak dasar air minum. Hal ini mengindikasikan bahwa perlu adanya pengelolaan air yang tepat untuk menjamin ketersediaan air bersih yang berkelanjutan.



Gambar 6.1 Indeks Kualitas Air di Indonesia Periode 2014–2021

Tingkatan kualitas air dari suatu perairan (sungai dan danau) ditentukan oleh Indeks kualitas air (IKA). IKA didasarkan pada 9 parameter yang mencakup pH, suhu, *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), turbiditas, total solid, total fosfat, nitrat, dan jumlah *faecal coliform*. Semakin tinggi nilai IKA, semakin baik pula kualitas air di suatu perairan. IKA di Indonesia berdasarkan laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dari tahun 2014 sampai 2021 dapat dilihat pada Gambar 6.1.

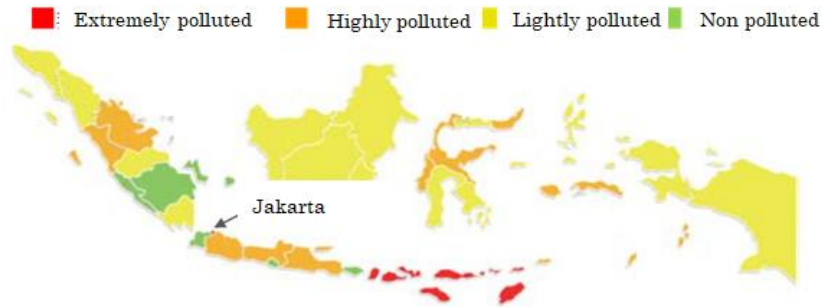
Berdasarkan laporan tersebut, indeks kualitas air (IKA) di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 53,33 dalam kategori cukup. Namun, nilai ini masih di bawah target nasional yaitu 55,1, mengindikasikan kualitas air sering mengalami gangguan dan kondisinya seringkali menyimpang dari tingkat yang diinginkan. Skor tersebut mengalami penurunan 0,2 poin dibandingkan tahun sebelumnya yang sebesar 53,53 poin. Penyebab penurunan ini adalah tingginya parameter BOD dan *E. coli*, indikasi pengelolaan limbah rumah tangga yang belum baik. Lebih detail pada wilayah sumber air, terhitung 14 provinsi yang memenuhi target IKA yang telah ditentukan. Sedangkan, 20 provinsi lainnya belum memenuhi target

IKA. Pada provinsi Bengkulu, Banten, Kepulauan Riau, Sumatera Selatan, dan Jawa Barat, terjadi penurunan kualitas air yang memerlukan perhatian khusus.

Berdasarkan Studi Kualitas Air Minum Rumah Tangga (SKAMRT) yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kesehatan pada tahun 2020, diketahui bahwa 7 dari 10 rumah tangga Indonesia mengonsumsi air minum yang terkontaminasi *E. coli* (Irianto *et al.*, 2021). *E. coli* adalah bakteri yang digunakan untuk mengidentifikasi kontaminasi tinja di dalam air. Bakteri ini biasanya ditemukan di kotoran manusia atau hewan berdarah panas lainnya. Sebagian besar jenis *E. coli* tidak berbahaya, dan kehadirannya di dalam air biasanya hanya untuk menunjukkan bahwa kemungkinan kontaminasi air oleh tinja dan kemungkinan besar terdapat organisme penyebab penyakit di dalam air. Diare merupakan salah satu penyakit yang disebabkan oleh air yang terkontaminasi oleh *E. coli*. Mengingat buruknya kualitas air dan sanitasi, tidak mengherankan jika diare masih menjadi masalah kesehatan utama di Indonesia. Diare telah diketahui menjadi penyebab 31% kematian pascakelahiran dan 25% kematian anak di Indonesia (UNICEF, 2012).

Selain kegiatan domestik, sumber pencemaran air juga berasal dari air limbah kegiatan industri, seperti industri kecil, pertanian, tekstil, pulp dan kertas, petrokimia, pertambangan, minyak, dan gas. Misalnya, kualitas air di lokasi sekitar pertambangan emas skala kecil yang berpotensi tercemar logam berat seperti merkuri (Hg). Merkuri bisa mencemari tanaman padi dan ikan yang berada dekat lokasi tambang. Konsumsi terhadap bahan makanan yang tercemar merkuri akan memberikan dampak Kesehatan seperti kerusakan paru-paru, gangguan pencernaan, ginjal, dan kulit. Banyak sungai di Indonesia yang tercemar logam berat, salah satunya adalah Sungai Batanghari di Provinsi Jambi dan Sumatera Barat, Indonesia. Terhitung 14 logam berat di sungai tersebut memiliki kadar yang lebih tinggi dari toleransi jumlah logam berat yang diperbolehkan terkandung dalam air. Di

antaranya adalah logam Timbal (Pb) yang dapat berasal dari limbah industri pertanian, seperti sawit dan Merkuri (Hg) yang berasal dari air raksa.



Gambar 6.2 Peta Kualitas Air Permukaan di Indonesia

Sumber: EnvilianceASIA, 2021

Limbah-limbah industri yang dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang layak menyebabkan sebagian besar sungai di Indonesia tidak memenuhi standar kualitas air untuk kategori air minum (tidak tercemar) yang ditetapkan oleh pemerintah, seperti sebagian besar sungai di Kalimantan (Subagiyo, Nuryadin, *et al.*, 2019). Banyak sungai di Pulau Jawa yang berpenduduk padat memiliki pencemaran yang terhitung tinggi dan dikategorikan sebagai tercemar berat dan tercemar ekstrem. Gambar 6.2 menunjukkan kualitas air permukaan di berbagai wilayah di Indonesia. Air permukaan di sebagian besar Pulau Jawa dikategorikan sebagai tercemar berat, sedangkan sebagian besar air permukaan di pulau lainnya dikategorikan sebagai tercemar ringan.

C. Peraturan Hukum Pengendalian Kualitas Air di Indonesia

Di Indonesia, kualitas air diatur dalam Undang-Undang No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup serta peraturan dan keputusan di bawahnya, yang diuraikan sebagai berikut:

- UU No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup merupakan sebuah undang-undang lingkungan hidup yang mendasar, yang mengatur pengelolaan lingkungan di Indonesia pada umumnya. Undang-undang ini juga menetapkan hukuman khusus bagi pelanggarnya.
- Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Peraturan ini menetapkan berbagai persyaratan untuk mencegah pencemaran air. Peraturan ini juga menetapkan standar kualitas air tanah.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 111 Tahun 2003 tentang Pedoman Persyaratan dan Tata Cara Perizinan serta Pedoman Kajian Pembuangan Limbah Cair ke Air atau Sumber Air dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 141 Tahun 2003 yang mengubah Keputusan No. 111 Tahun 2003. Keputusan-keputusan ini memberikan panduan tentang prosedur perizinan pembuangan air limbah ke sungai.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, menetapkan standar kualitas air laut.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2006 tentang Perizinan Persyaratan dan Pembuangan Air Limbah ke Laut, memberikan panduan tentang prosedur perizinan pembuangan air limbah ke laut.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kawasan Industri, memberikan standar kualitas air limbah untuk kawasan industri.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, memberikan standar kualitas air limbah untuk berbagai industri.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.93/2018 tentang Pemantauan Limbah Industri secara Berkelanjutan dan *Online* untuk Usaha dan/atau Kegiatan, mengamanatkan sektor industri tertentu untuk memasang

peralatan pemantauan air limbah secara *online* dan berkelanjutan.



**LEMBAR KERJA 7:
ISU KUALITAS AIR**

Waktu diskusi: 180 menit

Topik: Isu Kualitas Air

Dalam implementasi kurikulum merdeka, guru diharuskan dapat membuat modul ajar. Buatlah modul ajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran IPA SMP untuk topik isu kualitas air. Anda dapat mengisi bagian yang kosong pada contoh di bawah ini!

1. Informasi Umum

Nama Penyusun :
Institusi :
Tahun :
Jenjang Sekolah :
Alokasi Waktu :

2. Tujuan Pembelajaran

Fase CP :
Kode Modul Ajar :
Elemen CP

Tujuan Pembelajaran	Desain CP	Indikator Pencapaian Tujuan Pembelajaran
	Pemahaman Sains	Pertemuan ke-1 Pertemuan ke-2 Pertemuan ke-3 Pertemuan ke-4
	Keterampilan Proses	Pertemuan ke-5

Kata Kunci :
Kompetensi Awal :

3. Profil Pelajar Pancasila

Profil Pelajar Pancasila yang memiliki kaitan erat dengan pembelajaran mengenai isu kualitas air adalah sebagai berikut:

4. Pemahaman Bermakna

5. Sarana dan Prasarana

(d disesuaikan dengan moda pembelajaran dan keadaan sekolah)

Moda PJJ Daring dan PJJ Luring

Moda PJJ Luring dengan Keterbatasan Fasilitas

6. Target Siswa

Perangkat ajar ini dirancang untuk:

	Peserta didik regular/tipikal
	Peserta didik dengan kesulitan belajar
	Peserta didik berprestasi tinggi
	Peserta didik dengan ketunaan

7. Jumlah Siswa

Pembelajaran ini dirancang untuk kelas dengan jumlah peserta didik sebanyak

8. Ketersediaan Materi

Ya	Tidak	Keterangan
		Pengayaan untuk peserta didik CIBI
		Alternatif penjelasan, metode, atau aktivitas, untuk siswa yang sulit memahami konsep

9. Moda Pembelajaran

	Tatap Muka
	PJJ Daring
	PJJ Luring
	Paduan Tatap Muka dan PJJ (<i>Blended Learning</i>)

- * Pilihan moda pembelajaran disesuaikan dengan kondisi sekolah dan aktivitas pembelajarannya dapat dimodifikasi menyesuaikan moda pembelajaran.

Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) dalam Jaringan : Pembelajaran yang dilakukan guru dan siswa secara langsung (tatap maya) melalui jaringan internet dengan menggunakan platform misalnya Zoom atau Google Classroom (Google Meet).

Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) Luar Jaringan : Kegiatan pembelajarannya tidak dilakukan secara langsung antara guru dan peserta didik, misalnya berupa pemberian materi oleh guru menggunakan aplikasi kemudian peserta didik membaca materi dan memahami materi secara mandiri.

Pembelajaran Tatap Muka (PTM) : Kegiatan pembelajaran yang berupa proses interaksi antara peserta didik dengan pendidik.

10. Materi Ajar, Alat, dan Bahan

Alat dan Bahan :
 Media :
 Sumber Belajar :
 Prakiraan Biaya :

11. Kegiatan Utama Pembelajaran

Pengaturan siswa

	Individu
	Berpasangan
	Berkelompok (lebih dari dua orang)

Metode Pembelajaran

	Diskusi		Presentasi
	Demonstrasi		Proyek
	Eksperimen		Eksplorasi
	Permainan		Ceramah
	Kunjungan Lapangan		Simulasi

12. Asesmen

- 1) Pemahaman Sains: Asesmen formatif (individu)
- 2) Keterampilan Proses: Performa presentasi, portofolio

13. Persiapan Pembelajaran

14. Urutan Kegiatan

(Alokasi waktu dan aktivitas kegiatan dapat dimodifikasi menyesuaikan kondisi sekolah, tidak harus persis sama dengan contoh berikut).

Pertemuan ke-1 (3 x 45 menit)

Materi

Aktivitas Guru	Aktivitas Peserta Didik	Alokasi Waktu
Pembukaan		
<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan instruksi kepada peserta didik untuk memasuki <i>meeting room</i> (Gmeet, Zoom, dan aplikasi meeting sejenisnya) • Guru menyapa sambil memeriksa kehadiran peserta didik • Guru meminta salah satu peserta didik untuk memimpin doa sebelum mulai pembelajaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik masuk ke dalam <i>meeting room</i> (Gmeet, Zoom, dan aplikasi meeting sejenisnya) • Peserta didik berdoa sebelum dimulainya pembelajaran. 	10 menit
Pendahuluan		
<ul style="list-style-type: none"> • Guru 	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik 	10 menit
Pertanyaan Pemantik:		

Kegiatan Inti		
• Guru	• Peserta didik	55 menit
Penutup		
• Guru	• Peserta didik	15 menit
Alternatif Moda Pembelajaran Lain		
Moda PJJ Luring: 1) Pendahuluan 2) Kegiatan Inti 3) Penutup Moda Tatap Muka: 1) Pendahuluan 2) Kegiatan Inti 3) Penutup Jika PJJ luring mengalami keterbatasan kuota internet atau alat (laptop, HP), guru dapat menyediakan LKPD yang sudah di- <i>print</i> , instruksi pengerjaan, dan timeline pengerjaan aktivitas. Kemudian, peserta didik dapat mengambil bahan ke sekolah secara bergantian. Pada tenggat waktu yang ditentukan, peserta didik mengumpulkan kembali LKPD-nya secara bergantian. Teknis pengambilan dan pengumpulan LKPD dapat diatur oleh sekolah.		

15. Refleksi Guru

Lembar Refleksi Guru

No.	Refleksi	Penjelasan
1.	Persentase keterlaksanaan rancangan kegiatan pembelajaran (%)	Persentase keterlaksanaan: Keterangan:
2.	Kendala yang dihadapi selama kegiatan pembelajaran	
3.	Catatan perbaikan untuk mengatasi kendala pada kegiatan pembelajaran berikutnya	
4.	Peserta didik yang mengalami kesulitan	Nama Uraian Kesulitan
5.	Catatan positif peserta didik	Nama Catatan Positif

No.	Refleksi	Penjelasan
6.	Catatan lainnya	

16. Asesmen Formatif

1) Aspek Pemahaman Sains

Materi	Indikator	Aktivitas

2) Aspek Keterampilan Proses

Rubrik Penilaian Presentasi

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Kurang (1 poin)	Cukup (2 poin)	Baik (3 poin)	Sangat Baik (4 poin)
1.	Sistematika Presentasi	Materi presentasi diajukan secara tidak runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara kurang runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut tetapi kurang sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut dan sistematis
2.	Penggunaan Bahasa	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, kurang baku, dan tidak terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, kurang baku, dan terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, baku, tetapi kurang terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, baku, dan terstruktur
3.	Kejelasan Menyampaikan	Artikulasi kurang jelas, suara tidak terdengar, bertele-tele	Artikulasi jelas, suara terdengar, tetapi bertele-tele	Artikulasi kurang jelas, suara terdengar, tidak bertele-tele	Artikulasi jelas, suara terdengar, tidak bertele-tele

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Kurang (1 poin)	Cukup (2 poin)	Baik (3 poin)	Sangat Baik (4 poin)
4.	Komunikatif	Membaca catatan sepanjang penjelasan	Lebih banyak menatap catatan dari pada audiens	Lebih banyak menatap audiens dari pada catatan, tanpa ada gestur tubuh	Lebih banyak menatap audiens dari pada catatan, dan gestur yang digunakan membuat perhatian audiens tertuju pada presenter
5.	Kebenaran Konsep	Menjelaskan 1 dari 4 konsep esensial dengan benar	Menjelaskan 2 dari 4 konsep esensi	Menjelaskan 3 dari 4 konsep esensial dengan benar	Menjelaskan seluruh konsep esensial dengan benar

Rubrik Laporan Praktikum

Deskripsi	Skala		
	3	2	1
Pendahuluan Mencakup: <ul style="list-style-type: none"> Tujuan Eksperimen Alat dan Bahan Prosedur Teori Pendukung 	Mencakup keempat kriteria dengan lengkap dan jelas	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria dengan jelas dan lengkap
Data Percobaan <ul style="list-style-type: none"> Jelas Tanpa Rekayasa Sesuai dengan prosedur 	Mencakup ketiga kriteria dengan lengkap	Mencakup 1-2 kriteria yang telah disebutkan lengkap	Mencakup satu kriteria, tetapi ambigu

Deskripsi	Skala		
	3	2	1
eksperimen			
Analisis Data <ul style="list-style-type: none"> Jelas Dapat diterima secara logika Memberikan alasan yang jelas terhadap analisis yang diberikan Mudah dimengerti 	Mencakup keempat kriteria dengan lengkap dan jelas	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria dengan jelas dan lengkap
Kesimpulan <ul style="list-style-type: none"> Sesuai dengan analisis data Memberikan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari Menjawab tujuan eksperimen 	Mencakup ketiga kriteria dengan lengkap	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria, tetapi ambigu

17. Refleksi Peserta Didik

18. Lembar Kerja Peserta Didik

19. Bahan Bacaan Guru dan Peserta Didik

Sumber bacaan untuk memperkaya pengetahuan guru dan siswa tentang tema atau materi pembelajaran.

Guru	Peserta Didik

20. Materi

- 21. Pengayaan dan Remedial**
- 22. Daftar Pustaka**
- 23. Glosarium**



“Air adalah kekuatan pendorong dari semua alam”

- Leonardo da Vinci -

 Lokasi: Pasar Terapung Kuin, Banjarmasin

BAB VII

ISU KUALITAS UDARA

Udara bersih untuk makhluk hidup bernafas sangat penting untuk kesehatan yang baik. Kualitas udara yang buruk menurunkan kualitas hidup karena akan berdampak pada kesehatan. Polutan udara dapat bersifat iritan, berbau tidak enak, dan menyebabkan penyakit pernapasan atau bahkan kanker. Kualitas udara penting baik di dalam maupun di luar ruangan. Kualitas udara yang buruk dapat membatasi kemampuan atau kesempatan orang untuk aktif secara fisik. Orang dengan kondisi medis bawaan, seperti asma, memiliki risiko lebih besar dari kualitas udara yang buruk. Kualitas udara yang baik merupakan indikator kelayakan hidup yang penting bagi masyarakat yang sehat.

Polusi udara adalah salah satu faktor risiko utama kematian di dunia, yang dikaitkan dengan jutaan kematian setiap tahun. Faktanya, polusi udara secara global berkontribusi sebesar 11,65% kematian global (Roser, 2021). Tingkat polusi udara yang lebih rendah lebih baik untuk kesehatan jantung dan pernapasan baik jangka panjang maupun jangka pendek. Tingkat kematian akibat polusi udara tertinggi di negara-negara berpenghasilan rendah hingga menengah, dengan perbedaan tingkat lebih dari 100 kali lipat di seluruh dunia. Secara global, tingkat kematian akibat polusi udara telah menurun. Ini terutama merupakan hasil kemajuan dalam mengatasi polusi dalam ruangan.

Selain sampah dan pencemaran air, pencemaran udara juga menjadi perhatian tersendiri dalam SDGs. Bahkan organisasi Kesehatan dunia (WHO) secara tegas mengungkapkan, polusi udara telah dimasukkan dalam daftar ancaman lingkungan terbesar dunia. Permasalahan kualitas udara secara langsung disorot dalam tiga SDGs, yang dikaitkan dengan kesehatan dan kelestarian lingkungan.

Pembahasan tentang kualitas udara dalam SDGs dapat dilihat pada Tabel 7.1. Peningkatan kualitas udara dapat meningkatkan upaya mitigasi perubahan iklim, sementara pengurangan emisi pada bagiannya akan meningkatkan kualitas udara.

Tabel 7.1 Pembahasan tentang Kualitas Air dalam SDGs

Tujuan	Target	
Tujuan 3 Kehidupan Sehat dan Sejahtera	Target 3.9	Secara signifikan mengurangi jumlah kematian dan kesakitan akibat bahan kimia berbahaya, serta polusi dan kontaminasi udara, air, dan tanah
Tujuan 11 Kota dan Komunitas yang Berkelanjutan	Target 11.6	Mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan per kapita di perkotaan, termasuk dengan memberikan perhatian khusus kepada kualitas udara dan kotamadya dan manajemen limbah lainnya
Tujuan 12 Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab	Target 12.4	Meraih manajemen ramah lingkungan dari bahan kimia dan limbah lainnya sepanjang siklus hidupnya, sesuai dengan kerangka kerja internasional yang telah disepakati, dan secara signifikan mengurangi pelepasan bahan-bahan tersebut ke udara, air dan tanah dalam rangka meminimalisir dampak buruk bahan tersebut terhadap kesehatan manusia dan lingkungan

A. Parameter Kualitas Udara

Kualitas udara adalah ukuran kebersihan atau pencemaran udara. Pemantauan kualitas udara penting karena udara yang tercemar mengingatk dampak buruknya bagi kesehatan manusia dan kesehatan lingkungan. Kualitas udara diukur dengan Indeks Kualitas Udara atau *Air Quality Index* (AQI). AQI memiliki skala 0 sampai 500 yang menunjukkan perubahan jumlah polusi di udara.

Udara di atmosfer sebagian besar terdiri dari dua gas yang penting bagi kehidupan di Bumi, yaitu nitrogen dan oksigen. Namun, udara juga mengandung sejumlah kecil gas dan partikel lain. AQI mengidentifikasi lima polutan udara paling utama, yaitu ozon

permukaan tanah (*ground level ozone*), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikel udara (aerosol).

1. Ozon permukaan tanah

Ozon adalah gas yang terdiri dari tiga atom oksigen (O₃). Ozon terjadi baik di atmosfer atas bumi dan di permukaan tanah. Ozon stratosfer adalah ozon bersifat baik yang terjadi secara alami di bagian atas atmosfer, membentuk lapisan pelindung yang melindungi bumi dari sinar ultraviolet matahari yang berbahaya. Ozon yang bermanfaat ini sebagian telah dihancurkan oleh bahan kimia buatan manusia, menyebabkan apa yang kadang-kadang disebut “lubang di ozon”. Ozon yang terbentuk di permukaan tanah adalah polutan udara yang berbahaya, karena efeknya pada manusia dan lingkungan, dan merupakan bahan utama dalam “kabut asap (*smog*)”. Ozon permukaan tanah merupakan hasil dari reaksi fotokimia antara oksida nitrogen (NO_x) dan senyawa organik yang mudah menguap (*volatile organic compounds*) dengan adanya sinar matahari.

2. Karbon monoksida

Karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berbau dan tidak berwarna yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Ketika orang terpapar gas CO, molekul CO akan menggantikan oksigen dalam tubuh dan menyebabkan keracunan. Karena CO tidak memiliki bau, warna atau rasa, CO tidak dapat dideteksi oleh indera manusia. Gas ini dihasilkan melalui pembakaran gas, minyak, petrol, bahan bakar padat atau kayu. Terbentuknya gas CO berasal dari kebakaran, tungku, pemanas, oven dan mesin. Nilai ambang batas untuk CO berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja (PER.13/MEN/X/2011) adalah 25 ppm.

3. Sulfur dioksida

Sulfur dioksida (SO₂) adalah gas tidak berwarna dengan bau yang tajam dan mengiritasi. Ini dihasilkan dari pembakaran bahan

bakar fosil dan peleburan bijih mineral yang mengandung belerang. Gunung berapi yang meletus dapat menjadi sumber alami emisi sulfur dioksida yang signifikan. Ketika belerang dioksida bergabung dengan air dan udara, membentuk asam sulfat, yang merupakan komponen utama dari hujan asam. Hujan asam dapat menyebabkan deforestasi, mengasamkan saluran air sehingga merugikan kehidupan akuatik, menimbulkan korosi pada bahan bangunan dan cat. Sulfur dioksida mempengaruhi sistem pernapasan, terutama fungsi paru-paru, dan dapat mengiritasi mata. Nilai ambang batas SO_2 yang ditetapkan di Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021 adalah tidak lebih dari $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

4. Nitrogen dioksida

Nitrogen dioksida (NO_2) adalah gas asam berwarna cokelat kemerahan, tajam, yang bersifat korosif, dan pengoksidasi kuat. NO_2 biasanya tidak dilepaskan langsung ke udara. NO_2 terbentuk ketika nitrogen oksida (NO) dan nitrogen oksida lainnya (NO_x) bereaksi dengan bahan kimia lain di udara untuk membentuk nitrogen dioksida. Sumber utama NO_2 yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas, dan minyak) terutama bahan bakar yang digunakan pada mobil. NO_2 juga diproduksi dari pembuatan asam nitrat, pengelasan dan penggunaan bahan peledak, pemurnian bensin dan logam, manufaktur komersial, dan manufaktur makanan. Sumber alami nitrogen oksida lainnya termasuk gunung berapi dan bakteri. Efek kesehatan utama dari nitrogen dioksida adalah pada sistem pernapasan. Menghirup nitrogen dioksida oleh anak-anak meningkatkan risiko infeksi pernapasan dan dapat menyebabkan fungsi paru-paru yang lebih buruk di kemudian hari. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999, menyatakan bahwa baku mutu untuk NO_2 yang ada di udara adalah sebesar $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

5. Partikel udara

Polusi partikel atau juga disebut partikel udara atau *Particulate Matter* (PM) terdiri dari partikel (potongan kecil) padatan atau cairan yang ada di udara. Partikel-partikel ini mungkin termasuk debu, kotoran, jelaga, asap, dan tetesan cairan. Beberapa partikel cukup besar untuk dilihat seperti asap di udara. Partikel udara dapat berasal dari sumber primer atau sekunder. Sumber primer menyebabkan polusi partikel sendiri, seperti kebakaran hutan. Sumber sekunder melepaskan gas yang dapat membentuk partikel. Pembangkit listrik dan kebakaran batu bara adalah contoh sumber sekunder. Menghirup partikel udara dapat berbahaya bagi kesehatan Anda. Partikel kasar, yang disebut PM₁₀ (berukuran 2,5-10 mikron), dapat mengiritasi mata, hidung, dan tenggorokan. Debu dari jalan, pertanian, dasar sungai yang kering, lokasi konstruksi, dan tambang adalah jenis PM₁₀. Partikel halus, yang disebut PM_{2.5} (berukuran lebih kecil dari 2,5 mikron), lebih berbahaya karena bisa masuk ke bagian dalam paru-paru atau bahkan ke dalam peredaran darah. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), nilai ambang batas PM_{2.5} adalah 65 µg/m³, sedangkan PM₁₀ adalah 150 µg/m³.

B. Isu Kualitas Udara di Indonesia

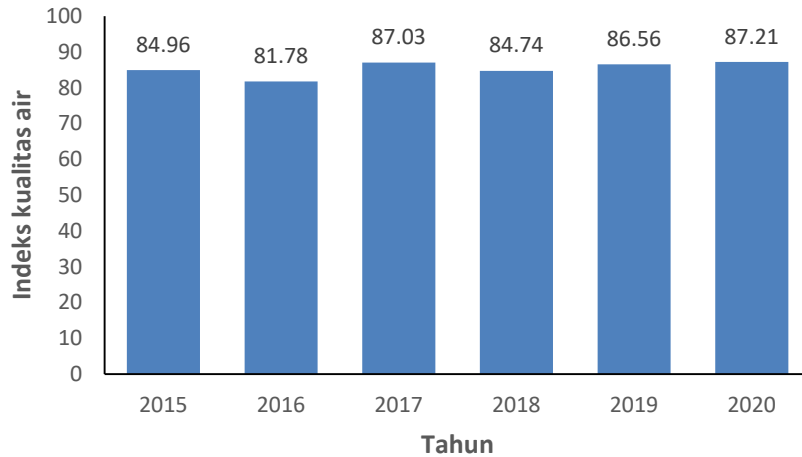
Indonesia merupakan negara yang terletak di antara Samudera Hindia dan Pasifik. Indonesia terdiri dari lebih dari 17 ribu pulau, yang menjadikannya negara pulau terbesar di dunia. Pada tahun 2019, negara Indonesia menduduki peringkat ke-17 negara dengan udara paling tercemar dari 17 negara di seluruh dunia (IQAir, 2022). Peringkat ini berdasarkan konsentrasi rata-rata tahunan PM_{2.5}. Polusi udara ini diperkirakan memperpendek harapan hidup rata-rata orang Indonesia sebesar 2 tahun.

Sebagian besar polusi udara di Indonesia berasal dari kebakaran hutan. Selama bulan Oktober 2015, hampir 5.000 kebakaran terjadi secara serentak di seluruh hutan dan lahan gambut di Indonesia. Hanya dalam satu hari, sekitar 80 juta ton CO₂ dihasilkan. Selain itu,

polusi juga dihasilkan oleh sektor transportasi dan pembangkit energi, seperti pembangkit listrik tenaga batu bara.

Sebesar 91% dari 268 juta penduduk Indonesia tinggal di daerah di mana tingkat polusi partikulat rata-rata tahunan melebihi pedoman WHO. Depok telah menjadi kota dengan udara paling tercemar di Indonesia, diketahui harapan hidup rata-rata penduduknya berkurang sebanyak 6,4 tahun dibandingkan jika kualitas udara sesuai dengan pedoman WHO. Kualitas udara yang sangat buruk ini disebabkan oleh pembangkit listrik, transportasi, emisi rumah tangga, industri konstruksi, debu jalan, dan pembakaran hutan dan lahan pertanian yang tidak terkendali. Pada tingkat provinsi, Jawa Barat menjadi provinsi paling tercemar yang mengurangi hidup rata-rata penduduknya sebesar 4,1 tahun.

Masalah polusi udara bukanlah masalah baru bagi Indonesia karena udaranya telah tercemar berat selama bertahun-tahun. Di pulau Sumatra dan Kalimantan di Indonesia, kebakaran hutan dan lahan gambut, sering kali dilakukan secara ilegal untuk membuka lahan untuk perkebunan pertanian, menciptakan peristiwa kabut asap tahunan (Sulaeman *et al.*, 2020). Meskipun intensitas kebakaran dan titik api bervariasi dari waktu ke waktu, kebakaran yang berulang di daerah-daerah setiap tahun ini menyebabkan penduduk terpapar pada konsentrasi polusi rata-rata yang tinggi dalam jangka panjang. Di Kota Palangka Raya di Kalimantan Tengah dan Palembang di Sumatera Selatan, dan sekitarnya, konsentrasi partikulat rata-rata selama 10 tahun adalah sekitar tiga kali lipat dari pedoman WHO. Harapan hidup penduduk kota-kota ini adalah 2 tahun lebih rendah dibandingkan jika rata-rata paparan partikulat jangka panjang sesuai dengan pedoman WHO. Selain itu, kebakaran tersebut menciptakan polusi lintas batas dengan dampak yang sangat signifikan di negara-negara tetangga melawan arah angin di Indonesia.



Gambar 7.1 Indeks Kualitas Udara di Indonesia Periode 2015-2020

Gambar 7.1 menunjukkan indeks kualitas udara di Indonesia periode dari tahun 2015 sampai 2020. Pada tahun 2020, indeks kualitas udara di Indonesia mencapai 87,21 yang berarti kualitas udara dapat diterima, sesuai dengan Tabel 5.2 tentang Kategori indeks kualitas udara. Namun, mungkin ada risiko bagi sebagian orang, terutama mereka yang sangat sensitif terhadap polusi udara. Selama dua dekade terakhir, kualitas udara Indonesia telah berubah secara signifikan, dari tahun 1998 hingga 2016, negara ini berubah dari salah satu negara paling bersih di dunia menjadi salah satu dari dua puluh yang paling tercemar.

Tabel 7.2 Kategori Tingkat Kesehatan Berdasarkan Indeks Kualitas Udara

Tingkat kesehatan	Nilai	Arti
Baik	0-50	Kualitas udara dianggap memuaskan, dan polusi udara menimbulkan sedikit atau tidak ada risiko.
Sedang	51-100	Kualitas udara dapat diterima; namun, untuk

Tingkat kesehatan	Nilai	Arti
		beberapa polutan mungkin menyebabkan masalah kesehatan sedang untuk sejumlah kecil orang yang sangat sensitif terhadap polusi udara.
Tidak sehat bagi grup sensitif	101-150	Anggota kelompok sensitif mungkin mengalami efek kesehatan. Masyarakat umum mungkin tidak terpengaruh.
Tidak sehat	151-200	Setiap orang mungkin mulai mengalami efek kesehatan; anggota kelompok sensitif mungkin mengalami efek kesehatan yang lebih serius.
Sangat tidak sehat	201-300	Peringatan kondisi darurat bagi kesehatan. Seluruh populasi kemungkinan besar akan terpengaruh.
Berbahaya	301-500	Peringatan kesehatan: setiap orang mungkin mengalami efek kesehatan yang lebih serius.

C. Peraturan Hukum Pengendalian Kualitas Udara di Indonesia

Indonesia memiliki peraturan-peraturan yang berkaitan dengan pencemaran udara, di antaranya adalah Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Sektor industri yang paling bertanggung jawab atas pencemaran udara di antaranya adalah industri kimia, petrokimia, pertambangan dan penggalian, produksi logam, dan kegiatan lain yang berhubungan dengan pengolahan limbah. Emisi yang dikeluarkan oleh masing-masing sektor industri dikategorikan berdasarkan polutan yang dihasilkan. Setiap sektor industri harus memperoleh izin operasi dari pemerintah mencakup ambang batas polutan. Oleh karena itu, setiap pelaku industri wajib melakukan pengendalian pencemaran udara sesuai dengan PP No. 41 Tahun 1999.

Peraturan mengenai pencemaran udara merupakan penjabaran dari Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Secara umum, Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 ini mengatur pencemaran udara dari industri dan kendaraan bermotor. Peraturan ini mencakup baku mutu udara ambien, status

mutu udara ambien, penanggulangan dan pemulihan kualitas udara, dan indeks standar pencemar udara (ISPU).

1. Baku Mutu Udara Ambien

Udara ambien merupakan udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Dalam peraturan pengendalian pencemaran udara, baku mutu udara ambien dijelaskan sebagai ukuran batas atau kadar zat dalam udara ambien. Senyawa-senyawa yang diatur dalam baku mutu udara ambien di Indonesia adalah sulfur dioksida, karbon monoksida, nitrogen dioksida, oksidan, hidro karbon, partikel, debu, timah hitam, total fluoride, debu jatuh, fluor indeks, khlorine dioksida, dan sulphat indeks.

2. Status Mutu Udara Ambien

Status mutu udara ambien merupakan salah satu instrumen signifikan dalam menganalisis kesehatan kualitas udara di suatu wilayah. Identifikasi status udara menjadi pemandu dalam menentukan program pengelolaan udara yang tepat dalam suatu wilayah. Status mutu udara ambien didapatkan dari inventarisasi status mutu udara ambien, kondisi meteorologis dan geografis, tata guna tanah, dan potensi sumber pencemar.

3. Penanggulangan dan Pemulihan Kualitas Udara

Dalam peraturan pencemaran udara yang berlaku di Indonesia, penanggung jawab penanggulangan mutu udara melaporkan kondisi udara di suatu wilayah berdasarkan hasil investigasi kualitas udara. Gubernur bertugas untuk menindaklanjuti status kualitas udara yang telah dilaporkan tersebut. Program pengendalian pencemaran udara perlu dilakukan melalui rencana dan strategi penanggulangan dan pemulihan yang sesuai dengan mutu di suatu wilayah.

4. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berkomitmen untuk memberikan informasi mutu udara yang tepat dan akurat kepada masyarakat dalam rangka upaya pengendalian pencemaran udara. Agar informasi tentang mutu udara mudah dipahami oleh masyarakat, hasil pemantauan mutu udara dari stasiun pemantauan otomatis kontinu disampaikan dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Dalam hal ini, Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Indeks Kualitas Udara atau *Air Quality Index* (AQI) merupakan yang paling umum digunakan. Dalam PP No. 41 Tahun 1999, ISPU merupakan angka yang digunakan dalam menggambarkan kondisi mutu udara ambien di suatu lokasi yang berdasarkan pada dampaknya terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan makhluk hidup lainnya. Indeks Kualitas Udara merupakan ukuran yang digunakan untuk menilai pencemaran udara di suatu daerah. Indeks Kualitas Udara umumnya berbeda-beda untuk setiap negara dalam menentukan status pencemaran udara di wilayahnya. Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) No. 107 Tahun 1997, ada lima parameter dalam menentukan ISPU, yakni sulfur dioksida, partikulat, karbon monoksida, nitrogen dioksida, dan ozon.

Selain itu, Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 ini juga mengatur beberapa pokok bahasan lain. Hal-hal lain yang diatur dalam peraturan tersebut di antaranya adalah pemeliharaan dan peningkatan udara ambien, pengendalian pencemaran udara dari sumber bergerak dan tidak bergerak, baku mutu emisi, baku tingkat gangguan, AMDAL, pengawasan, dan biaya pengendalian.



**LEMBAR KERJA 8:
ISU KUALITAS UDARA**

Waktu pengerjaan: 180 menit**Topik: Isu Kualitas Udara**

Dalam implementasi kurikulum merdeka, guru diharuskan dapat membuat modul ajar. Buatlah modul ajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran IPA SMP untuk topik isu kualitas udara. Anda dapat mengisi bagian yang kosong pada contoh di bawah ini!

1. Informasi Umum

Nama Penyusun :
Institusi :
Tahun :
Jenjang Sekolah :
Alokasi Waktu :

2. Tujuan Pembelajaran

Fase CP :
Kode Modul Ajar :
Elemen CP

Tujuan Pembelajaran	Desain CP	Indikator Pencapaian Tujuan Pembelajaran
	Pemahaman Sains	Pertemuan ke-1 Pertemuan ke-2 Pertemuan ke-3 Pertemuan ke-4
	Keterampilan Proses	Pertemuan ke-5

Kata Kunci :
Kompetensi Awal :

3. Profil Pelajar Pancasila

Profil Pelajar Pancasila yang memiliki kaitan erat dengan pembelajaran mengenai isu kualitas udara adalah sebagai berikut:

4. Pemahaman Bermakna

5. Sarana dan Prasarana

(d disesuaikan dengan moda pembelajaran dan keadaan sekolah)

Moda PJJ Daring dan PJJ Luring

Moda PJJ Luring dengan Keterbatasan Fasilitas

6. Target Siswa

Perangkat ajar ini dirancang untuk:

	Peserta didik reguler /tipikal
	Peserta didik dengan kesulitan belajar
	Peserta didik berprestasi tinggi
	Peserta didik dengan ketunaan

7. Jumlah Siswa

Pembelajaran ini dirancang untuk kelas dengan jumlah peserta didik sebanyak

8. Ketersediaan Materi

Ya	Tidak	Keterangan
		Pengayaan untuk peserta didik CIBI
		Alternatif penjelasan, metode, atau aktivitas, untuk siswa yang sulit memahami konsep

9. Moda Pembelajaran

	Tatap Muka
	PJJ Daring
	PJJ Luring
	Paduan Tatap Muka dan PJJ (<i>Blended Learning</i>)

* Pilihan moda pembelajaran disesuaikan dengan kondisi sekolah dan aktivitas pembelajarannya dapat dimodifikasi menyesuaikan moda pembelajaran.

Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) dalam Jaringan : Pembelajaran yang dilakukan guru dan siswa secara langsung (tatap maya) melalui jaringan internet dengan menggunakan platform misalnya Zoom atau Google Classroom (Google Meet).

Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) Luar Jaringan : Kegiatan pembelajarannya tidak dilakukan secara langsung antara guru dan peserta didik, misalnya berupa pemberian materi oleh guru menggunakan aplikasi kemudian peserta didik membaca materi dan memahami materi secara mandiri.

Pembelajaran Tatap Muka (PTM) : Kegiatan pembelajaran yang berupa proses interaksi antara peserta didik dengan pendidik.

10. Materi Ajar, Alat, dan Bahan

Alat dan Bahan :
 Media :
 Sumber Belajar :
 Prakiraan Biaya :

11. Kegiatan Utama Pembelajaran

Pengaturan siswa

	Individu
	Berpasangan
	Berkelompok (lebih dari dua orang)

Metode Pembelajaran

	Diskusi		Presentasi
	Demonstrasi		Proyek
	Eksperimen		Eksplorasi
	Permainan		Ceramah
	Kunjungan Lapangan		Simulasi

12. Asesmen

- 1) Pemahaman Sains: Asesmen formatif (individu)
- 2) Keterampilan Proses: Performa presentasi, portofolio

13. Persiapan Pembelajaran

14. Urutan Kegiatan

(Alokasi waktu dan aktivitas kegiatan dapat dimodifikasi menyesuaikan kondisi sekolah, tidak harus persis sama dengan contoh berikut).

Pertemuan ke-1 (3 x 45 menit)

Materi

Aktivitas Guru	Aktivitas Peserta Didik	Alokasi Waktu
Pembukaan		
<ul style="list-style-type: none">• Guru memberikan instruksi kepada peserta didik untuk memasuki <i>meeting room</i> (Gmeet, Zoom, dan aplikasi meeting sejenisnya)• Guru menyapa sambil memeriksa kehadiran peserta didik• Guru meminta salah satu peserta didik untuk memimpin doa sebelum mulai pembelajaran	<ul style="list-style-type: none">• Peserta didik masuk ke dalam <i>meeting room</i> (Gmeet, Zoom, dan aplikasi meeting sejenisnya)• Peserta didik berdoa sebelum dimulainya pembelajaran.	10 menit
Pendahuluan		
<ul style="list-style-type: none">• Guru	<ul style="list-style-type: none">• Peserta didik	10 menit
Pertanyaan Pemantik:		
Kegiatan Inti		
<ul style="list-style-type: none">• Guru	<ul style="list-style-type: none">• Peserta didik	55 menit
Penutup		
<ul style="list-style-type: none">• Guru	<ul style="list-style-type: none">• Peserta didik	15 menit
Alternatif Moda Pembelajaran Lain		
Moda PJJ Luring: 1) Pendahuluan 2) Kegiatan Inti 3) Penutup		

Moda Tatap Muka:

- 1) Pendahuluan
- 2) Kegiatan Inti
- 3) Penutup

Jika PJJ luring mengalami keterbatasan kuota internet atau alat (laptop, HP), guru dapat menyediakan LKPD yang sudah di-*print*, instruksi pengerjaan, dan timeline pengerjaan aktivitas. Kemudian, peserta didik dapat mengambil bahan ke sekolah secara bergantian. Pada tenggat waktu yang ditentukan, peserta didik mengumpulkan kembali LKPD-nya secara bergantian. Teknis pengambilan dan pengumpulan LKPD dapat diatur oleh sekolah.

15. Refleksi Guru

Lembar Refleksi Guru

No.	Refleksi	Penjelasan
1.	Persentase keterlaksanaan rancangan kegiatan pembelajaran (%)	Persentase keterlaksanaan: Keterangan:
2.	Kendala yang dihadapi selama kegiatan pembelajaran	
3.	Catatan perbaikan untuk mengatasi kendala pada kegiatan pembelajaran berikutnya	
4.	Peserta didik yang mengalami kesulitan	Nama Uraian Kesulitan
5.	Catatan positif peserta didik	Nama Catatan Positif
6.	Catatan lainnya	

16. Asesmen Formatif

1) Aspek Pemahaman Sains

Materi	Indikator	Aktivitas

2) Aspek Keterampilan Proses

Rubrik Penilaian Presentasi

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Kurang (1 poin)	Cukup (2 poin)	Baik (3 poin)	Sangat Baik (4 poin)
1.	Sistematika Presentasi	Materi presentasi diajukan secara tidak runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara kurang runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut tetapi kurang sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut dan sistematis
2.	Penggunaan Bahasa	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, kurang baku, dan tidak terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, kurang baku, dan terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, baku, tetapi kurang terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, baku, dan terstruktur
3.	Kejelasan Menyampaikan	Artikulasi kurang jelas, suara tidak terdengar, bertele-tele	Artikulasi jelas, suara terdengar, tetapi bertele-tele	Artikulasi kurang jelas, suara terdengar, tidak bertele-tele	Artikulasi jelas, suara terdengar, tidak bertele-tele
4.	Komunikatif	Membaca catatan sepanjang menjelaskan	Lebih banyak menatap catatan dari pada audiens	Lebih banyak menatap audiens dari pada catatan, tanpa ada gestur tubuh	Lebih banyak menatap audiens dari pada catatan, dan gestur yang digunakan membuat perhatian audiens tertuju

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Kurang (1 poin)	Cukup (2 poin)	Baik (3 poin)	Sangat Baik (4 poin)
					pada presenter
5.	Kebenaran Konsep	Menjelaskan 1 dari 4 konsep esensial dengan benar	Menjelaskan 2 dari 4 konsep esensi	Menjelaskan 3 dari 4 konsep esensial dengan benar	Menjelaskan seluruh konsep esensial dengan benar

Rubrik Laporan Praktikum

Deskripsi	Skala		
	3	2	1
Pendahuluan Mencakup: <ul style="list-style-type: none"> Tujuan Eksperimen Alat dan Bahan Prosedur Teori Pendukung 	Mencakup keempat kriteria dengan lengkap dan jelas	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria dengan jelas dan lengkap
Data Percobaan <ul style="list-style-type: none"> Jelas Tanpa Rekayasa Sesuai dengan prosedur eksperimen 	Mencakup ketiga kriteria dengan lengkap	Mencakup 1-2 kriteria yang telah disebutkan lengkap	Mencakup satu kriteria, tetapi ambigu
Analisis Data <ul style="list-style-type: none"> Jelas Dapat diterima secara logika Memberikan alasan yang jelas terhadap analisis yang diberikan Mudah dimengerti 	Mencakup keempat kriteria dengan lengkap dan jelas	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria dengan jelas dan lengkap
Kesimpulan	Mencakup	Mencakup 2-3	Mencakup satu

Deskripsi	Skala		
	3	2	1
<ul style="list-style-type: none"> • Sesuai dengan analisis data • Memberikan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari • Menjawab tujuan eksperimen 	ketiga kriteria dengan lengkap	kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	kriteria, tetapi ambigu

17. Refleksi Peserta Didik

18. Lembar Kerja Peserta Didik

19. Bahan Bacaan Guru dan Peserta Didik

Sumber bacaan untuk memperkaya pengetahuan guru dan siswa tentang tema atau materi pembelajaran.

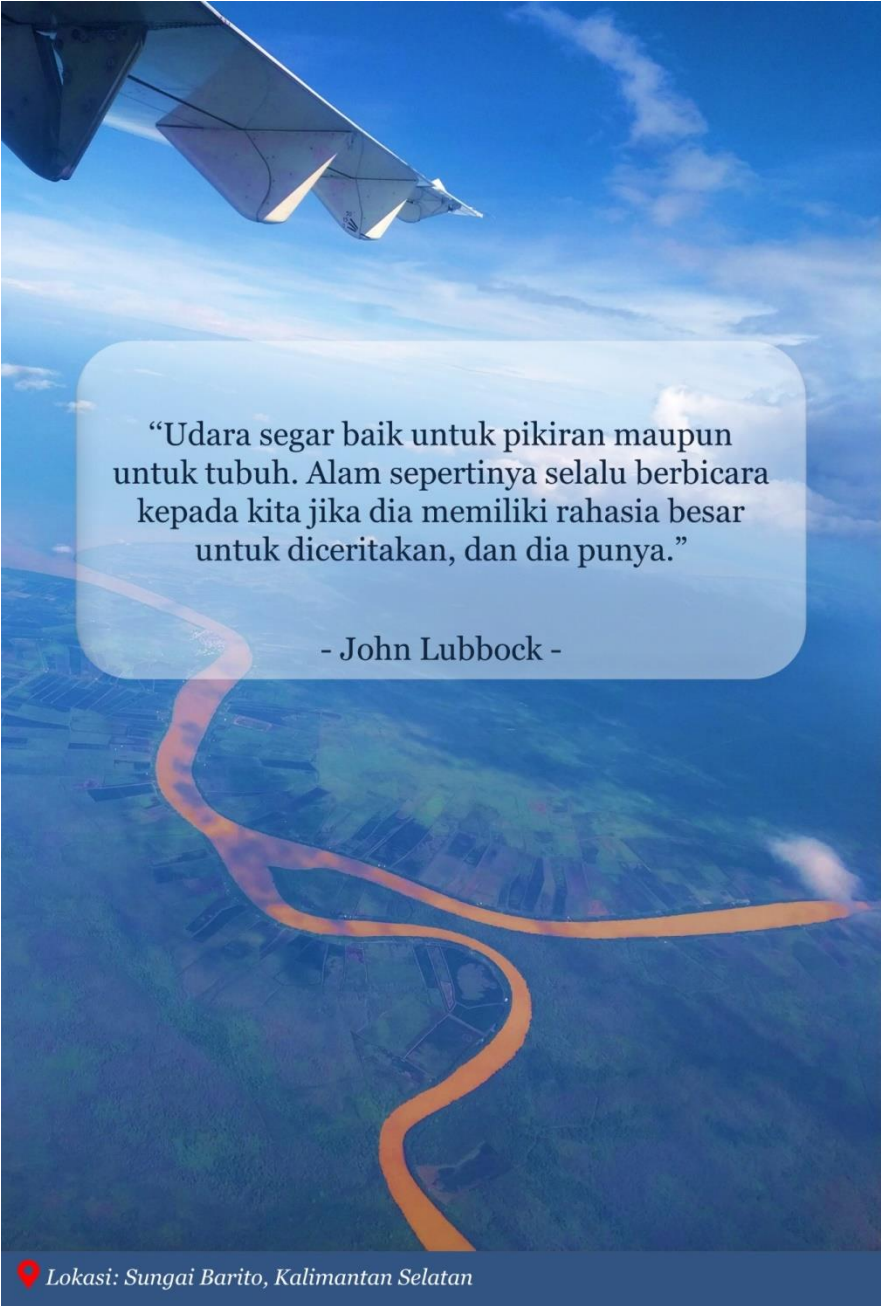
Guru	Peserta Didik

20. Materi

21. Pengayaan dan Remedial

22. Daftar Pustaka

23. Glosarium



“Udara segar baik untuk pikiran maupun untuk tubuh. Alam sepertinya selalu berbicara kepada kita jika dia memiliki rahasia besar untuk diceritakan, dan dia punya.”

- John Lubbock -

 Lokasi: Sungai Barito, Kalimantan Selatan

BAB VIII

ISU ENERGI

Isu lain terkait lingkungan tropis adalah terkait isu pemenuhan energi yang dibutuhkan oleh masyarakat yang hidup di wilayah tropis tersebut. Isu energi merupakan bagian dari *Sustainable Development Goals* (SDGs) Nomor 7 (United Nations New York, 2017). Energi dan cara menggunakannya harus efisien, berkelanjutan dan sebisa mungkin terbarukan. Dalam 20 tahun terakhir, beberapa negara telah melakukan langkah besar dalam mengurangi intensitas energi. Apabila semua teknologi efisiensi energi yang tersedia saat ini diterapkan, konsumsi energi secara signifikan bisa dipangkas menjadi sekitar sepertiga. Namun hanya sebagian kecil dari potensi ini yang terealisasi.

Melalui kombinasi beberapa teknologi efisiensi energi, desain bangunan yang baik, dan teknologi atap terbarukan yang baru, gedung zero net energi sudah bisa dibangun. Dalam banyak kasus, gedung-gedung tersebut menghasilkan tenaga matahari yang dialirkan ke dalam jaringan untuk dipakai pihak lain. Tentunya selain efisiensi energi, reformasi kebijakan dan penghapusan subsidi, perlu juga memastikan bahwa negara-negara beralih dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan.

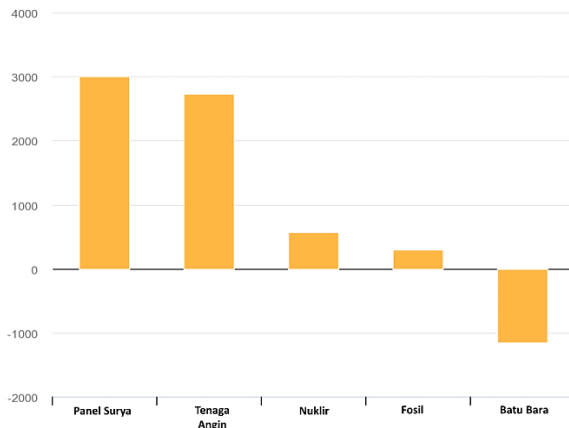
A. Menuju Dunia dengan Sumber Energi Terbarukan

Kemajuan teknologi yang pesat telah menurunkan biaya energi terbarukan bagi tiap orang. Kita sekarang melihat investasi skala besar dalam energi terbarukan yang sudah umum, seperti tenaga air, juga teknologi maju seperti tenaga panas bumi, matahari dan angin. Antara tahun 2010 dan 2012, kenaikan sebesar 4 persen secara global dalam penggunaan energi terbarukan yang modern tiga perempatnya disediakan oleh tenaga angin, matahari dan air.

Target capaian terkait energi cukup jelas ukurannya dalam SDGs, seperti:

- a. Pada tahun 2030, menjamin akses universal layanan energi yang terjangkau, andal dan modern.
- b. Pada tahun 2030, meningkat secara substansial pangsa energi terbarukan dalam bauran energi global.
- c. Pada tahun 2030, melakukan perbaikan efisiensi energi di tingkat global sebanyak dua kali lipat.
 - 1) Pada tahun 2030, memperkuat kerja sama internasional untuk memfasilitasi akses pada teknologi dan riset energi bersih, termasuk energi terbarukan, efisiensi energi, canggih, teknologi bahan bakar fosil lebih bersih, dan mempromosikan investasi di bidang infrastruktur energi dan teknologi energi bersih.
 - 2) Pada tahun 2030, memperluas infrastruktur dan meningkatkan teknologi untuk penyediaan layanan energi modern dan berkelanjutan bagi semua negara-negara berkembang, khususnya negara kurang berkembang, negara berkembang pulau kecil dan negara berkembang.

Gambaran tren energi dunia menuju tahun 2030 dapat diamati pada gambar berikut:



Gambar 8.1 Tren Sumber Energi Dunia Menuju 2033

Sumber: www.iea.org

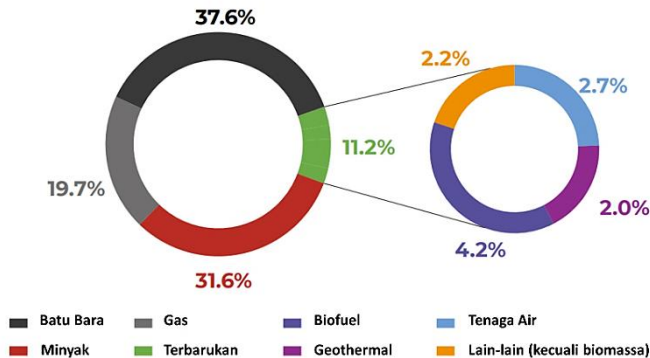
B. Menuju Indonesia dengan Sumber Energi Terbarukan

Selain isu global terkait energi, ada baiknya guru dan calon guru IPA memahami gambaran besar sumber-sumber energi yang digunakan di Indonesia. Negara kita merupakan salah satu kunci transisi energi dunia. Indonesia memiliki konsumsi energi tertinggi di antara Negara Anggota Perhimpunan Bangsa-Bangsa Asia Tenggara (ASEAN), dan penggunaan energinya akan meningkat secara signifikan seiring pertumbuhan ekonomi dan populasinya dalam beberapa tahun mendatang. Dengan sumber daya terbarukan yang melimpah, Indonesia memiliki posisi unik untuk mengembangkan sistem energi berkelanjutan berdasarkan energi terbarukan yang dapat mendukung pembangunan ekonomi dan mengatasi perubahan iklim, sekaligus mencapai tujuan ketahanan dan keterjangkauan energi.

Prospek ini memberikan jalur energi jangka panjang yang komprehensif, berfokus pada energi terbarukan, untuk transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan di Indonesia. Hal ini mengeksplorasi elektrifikasi, perluasan cepat pembangkit terbarukan, solusi efisiensi energi, peran teknologi baru seperti hidrogen bersih dan baterai, serta pentingnya memperluas integrasi sektor listrik regional, baik di dalam negeri maupun dengan negara tetangga. Ini juga menyajikan jalur teknologi spesifik sektor dan peluang investasi yang akan membantu Indonesia mempercepat transisi energinya.

Menuju transisi yang diharapkan di tahun 2030, data menunjukkan bahwa sumber energi terbarukan di Indonesia, hanya sebesar 11,2 %. Hal ini dapat diamati pada gambar 8.2 di bawah. Ini menunjukkan bahwa pengurangan ketergantungan pada sumber energi fosil seperti batu bara perlu ditingkatkan kembali pada tiap sektor terutama sektor industri.

Bauran Energi Primer Indonesia (Q3 2021)



Gambar 8.2 Penggunaan Sumber Energi Indonesia 2021

Sumber: IESR, 2021

C. Energi Baru dan Terbarukan

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki sumber daya alam yang melimpah ruah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi keberlangsungan hidup. Namun seiring berjalannya waktu, ketersediaan alam tersebut kini semakin menipis, dan untuk mengantisipasinya energi baru terbarukan (EBT) merupakan alternatif terbaik.

Sumber energi baru terbarukan adalah sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global, karena energi yang didapatkan berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, air, *biofuel*, dan *geothermal*. Hal ini menegaskan bahwa sumber energi telah tersedia, tidak merugikan lingkungan, dan menjadi alasan utama mengapa EBT sangat terkait dengan masalah lingkungan dan ekologi (Kementerian ESDM, 2016).

Pemanfaatan EBT hingga kini masih belum maksimal. Berdasarkan catatan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, bauran pemanfaatan sumber energi per 2015 masih dikuasai oleh energi fosil. Dalam skala nasional, sumber energi dari minyak bumi masih menjadi tumpuan utama masyarakat Indonesia dengan

persentase sebesar 47%. Kemudian batu bara dan gas bumi telah dimanfaatkan sebanyak 24%. EBT menyumbang sebanyak 5% dalam bauran pemanfaatan energi nasional.

Pemerintah melalui Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional mendorong pemanfaatan EBT dan mengerem penggunaan sumber energi fosil. Dalam kebijakan tersebut, target bauran EBT pada 2020 disebut sebesar 17%, sedangkan 2025 mendatang, pemanfaatan EBT diharapkan sampai 23%. Pemerintah telah merilis lima langkah pengembangan EBT. Langkah-langkah tersebut yaitu:

1. Menambah kapasitas pembangkit untuk produksi energi. Dalam beberapa tahun ke depan, pembangunan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) akan digencarkan.
2. Menambah penyediaan akses terhadap energi modern bagi daerah terisolasi, khususnya pembangunan energi perdesaan dengan mikrohidro, tenaga surya, biomassa, dan biogas.
3. Mengurangi biaya subsidi BBM, di mana substitusi PLTD dengan pembangkit EBT dapat mengurangi subsidi.
4. Mengurangi emisi gas rumah kaca
5. Penghematan energi besar-besaran

Salah satu kebijakan utama dari pemerintah untuk mempercepat pengembangan EBT yaitu dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 50 Tahun 2017 yang merupakan revisi dari Peraturan Menteri ESDM 12/2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik yang diterbitkan dalam rangka mewujudkan iklim usaha yang makin baik dengan tetap mendorong praktik efisiensi serta mewujudkan harga listrik yang wajar dan terjangkau.

Beberapa ketentuan dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 39 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan serta Konservasi Energi diubah dengan poin sebagai berikut:

1. Ketentuan ayat (4) Pasal 4 diubah dan ditambahkan ayat (5) dan ayat (6).
2. Ketentuan Pasal 8 diubah.
3. Ketentuan Pasal 9 diubah.
4. Ketentuan Pasal 11 diubah.
5. Di antara Pasal 11 dan Pasal 12 disisipkan 1 (satu) pasal yakni Pasal 11A.
6. Di antara Pasal 14 dan Pasal 15 disisipkan 1 (satu) yakni Pasal 14A.
7. Di antara Pasal 15 dan Pasal 16 disisipkan 1 (satu) pasal yakni Pasal 15A.
8. Ketentuan Pasal 16 diubah.
9. Ketentuan Pasal 20 diubah.
10. Ketentuan Pasal 30 diubah.

(Permen ESDM No. 12 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 39 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan serta Konservasi Energi, 2018).

EBT terdiri dari tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, tenaga laut, panas bumi, *biofuel*, dan biomassa komersial termasuk limbah pertanian serta rumah tangga (Indonesia, 2017). Namun tidak termasuk biomassa tradisional untuk sektor rumah tangga. EBT dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik dan sebagai sumber energi pengganti BBM. Berikut penjelasan terkait sumber EBT.

D. Tenaga Surya

Indonesia yang merupakan negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya yang terbentang melintasi garis khatulistiwa, dengan besar radiasi penyinaran 4,80 kWh/m² per hari. Energi surya dikonversi langsung dan bentuk aplikasinya dibagi menjadi dua jenis, yaitu *solar thermal* untuk aplikasi pemanasan dan *solar photovoltaic* untuk pembangkitan listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan teknologi pembangkit listrik yang dapat diterapkan di semua wilayah. Instalasi, operasi, dan perawatan PLTS sangat mudah sehingga mudah diadopsi oleh masyarakat. Hambatan utama pasar PLTS adalah biaya investasi per Watt daya terbangkitkan masih relatif mahal dan beberapa bahan baku komponen PLTS khususnya sel surya masih harus diimpor. Oleh karena itu, penumbuhan industri sel surya lokal menjadi sangat strategi dalam pengembangan PLTS di masa mendatang.

Pemerintah melakukan upaya peningkatan dalam pemanfaatan energi matahari untuk pembangkit listrik dengan membangun PLTS Terpusat maupun PLTS *Hybrid* di wilayah-wilayah yang belum terjangkau listrik di seluruh pelosok Indonesia. Upaya Pemerintah ini turut mendukung berkembangnya industri surya nasional. Perkembangan PLTS di dalam negeri saat ini sudah cukup pesat karena beberapa keunggulan PLTS di antaranya:

- a. Sumber energi matahari tersedia di seluruh lokasi permukaan bumi dengan jumlah yang berlimpah sehingga tidak pernah menimbulkan konflik sosial terhadap penggunaan sumber energi matahari.
- b. Teknologi PLTS mudah dipahami dan diterima oleh masyarakat awam, dapat dipasang oleh tenaga lokal, dapat dioperasikan oleh pengguna dengan perawatan yang sangat local.
- c. PLTS sangat bersahabat dengan lingkungan, tidak menghasilkan emisi gas, tidak bising, bekerja pada temperatur ruang, dan tidak ada risiko bencana terhadap keselamatan manusia juga lingkungan.
- d. Perangkat PLTS sudah banyak tersedia di pasar dengan beragam pilihan daya, harga dan kualitas.



Gambar 8.3 Ladang Panel Surya Terbesar di Indonesia

Sumber: ebtke.esdm.go.id

Ladang panel surya terbesar di Indonesia berada di Desa Wineru, Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Sebanyak 64.620 hamparan panel surya tersusun di daerah ini. Ribuan panel surya tersebut membentang di atas ladang seluas 29 hektare. Kehadiran alat penangkap sinar matahari tadi difungsikan oleh Vena Energy sebagai sumber energi listrik baru sejak 5 September 2019. Rata-rata setiap harinya PLTS Likupang menyalurkan listrik mencapai 15 MW dan beroperasi selama 12 jam. PLTS ini juga berfungsi sebagai penopang sistem kelistrikan jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN) di Gorontalo, Sulawesi Utara.

E. Tenaga Angin

Secara alamiah potensi energi angin di Indonesia relatif kecil karena terletak di daerah khatulistiwa. Namun demikian, ada daerah-daerah yang secara geografi merupakan daerah angin karena merupakan wilayah *nozzle effect* atau penyempitan antara dua pulau atau daerah lereng gunung antara dua gunung yang berdekatan.

Sumber energi bayu atau angin berasal dari pergerakan udara akibat perubahan temperatur udara karena pemanasan dari radiasi matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah pembangkit listrik energi terbarukan yang tumbuh pesat di berbagai negara maju. Adapun di Indonesia teknologi turbin angin yang modern belum sepenuhnya dikuasai, sehingga masih dibutuhkan riset yang intensif untuk mengembangkan turbin angin yang cocok dengan kondisi potensi energi angin di Indonesia. Pemerintah membutuhkan upaya untuk melakukan komersialisasi teknologi baru PLTB, di samping mendorong manufaktur lokal untuk mengembangkan kapasitas produksinya.

Di Indonesia, pertumbuhan investasi swasta dalam pembangunan PLTB juga harus dipacu oleh kebijakan *feed in tariff* yang menarik bagi investor. Selain itu, layak dipertimbangkan juga untuk mengembangkan mekanisme insentif bagi pengguna energi terbarukan khususnya PLTB. Walaupun biaya investasi per daya terbangkitkan relatif masih mahal, tetapi biaya pokok produksi listrik relatif bersaing dengan sistem pembangkit listrik energi terbarukan lainnya.

PLTB yang berada di Indonesia adalah PLTB Sidrap yang merupakan PLTB komersial pertama dan terbesar di Indonesia. PLTB Sidrap memiliki 30 turbin dengan masing-masing turbin berkapasitas 2,5 MW. PLTB ini dibangun di Desa Mattirotasi, Kecamatan Watang Pulu, Kabupaten Sindendreg Rappang, Provinsi Sulawesi Selatan. Listrik yang dihasilkan oleh PLTB ini akan dialirkan ke pelanggan melalui jaringan PLN *on-grid*. Dengan kapasitas 75 MW dari total 30 turbin, listrik yang dihasilkan dapat mengalir ke kurang lebih 67.000 s.d. 72.000 pelanggan listrik.

Dari data PLN, listrik yang dihasilkan PLTB Sidrap ini akan menopang 6% kebutuhan listrik wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat dan Palu. Di samping itu, dengan bertambahnya pembangkit baru termasuk PLTB Sidrap, cadangan listrik PLN di Sulawesi Bagian Selatan ini bertambah menjadi 500 MW. Dengan daya mampu PLN sebesar 1.300 MW dan beban puncak sebesar 1.050 MW.



Gambar 8.4 PLTB Sidrap Bukti Pemerintah Kembangkan EBT

Sumber: esdm.go.id

Daerah lebih ujung selatan Pulau Sulawesi, kurang lebih sekitar 260 km dari PLTB Sidrap, di wilayah Binamu, Kabupaten Jeneponto, terdapat PLTB lainnya yang lebih dikenal dengan nama PLTB Jeneponto. Dengan waktu pembangunan yang tidak jauh berbeda dari PLTB Sidrap, fasilitas serupa yang berada di Jeneponto ini diketahui mulai dibangun pada tahun 2016 dan akhirnya mulai beroperasi secara komersial pada bulan Mei 2019. PLTB ini memiliki 20 unit turbin dengan kapasitas masing-masing plat sebesar 3,6 MW.

F. Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga dari aliran atau terjunan air, waduk atau bendungan, atau saluran irigasi yang pembangunannya bersifat multiguna. Pemerintah Indonesia melalui Kementerian ESDM berencana mengembangkan program *Renewable Energy Based Industry* (REBID), PLTA skala besar. Harga beli listrik dari empat jenis PLTA menggunakan skema FiT (*Feed in Tariff*). Empat jenis PLTA tersebut adalah:

- a. PLTA yang memanfaatkan tenaga aliran atau terjunan air
- b. PLTA yang memanfaatkan tenaga air dari waduk atau bendungan atau saluran irigasi yang bersifat multiguna
- c. PLTA ekspansi
- d. PLTA *Excess Power*

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah lokasi potensial se-Indonesia sebanyak 52.566 lokasi dengan total potensi energi hidro Indonesia dengan sistem *Run Off River* ini sebesar 94.627 MW. Modeling Peta ini telah diverifikasi berdasarkan kajian-kajian yang ada dengan jumlah kecocokan sebanyak 776 lokasi se-Indonesia.



Gambar 8.5 PLTA Terbesar di Asia Tenggara

Sumber: shiftindonesia.com

PLTA Cirata merupakan pembangkit listrik tenaga air terbesar di Asia Tenggara dengan total kapasitas terpasang 1.008 MW dan produksi listrik rata-rata 1.428 GWh per tahun. PLTA Cirata I dan II masing-masing terdiri dari empat unit pembangkit dengan kapasitas terpasang sebesar 126 MW setiap unitnya. PLTA Cirata terletak di kawasan arus sungai (DAS) Citarum di Desa Tegal Waru, Distrik Plered, Kabupaten Purwakarta. PLTA Cirata dioperasikan oleh anak perusahaan PT PLN (Persero), yaitu PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB). Listrik yang dibangkitkan disalurkan melalui jalur transmisi tenaga listrik 500 kilovolt (kV) ke sistem Jawa Bali—yang diatur dengan pengaturan oleh *dispatcher* PLN Pusat Pengatur Beban (P3B). PLTA Cirata memiliki kontribusi utama dalam mengakomodasi beban puncak sistem Jawa-Bali dengan mode operasi LFC (*Load Frequency Control*) pada pukul 17.00–22.00. Jika sistem Jawa Bali mengalami pemadaman, PLTA Cirata berperan dalam proses start-up operasi/sinkronisasi ke jaringan 500 kV dengan relatif cepat, yaitu kurang dari lima menit.

G. Panas Bumi

Panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, serta batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi. Sementara energi panas bumi merupakan energi yang bersumber dari panas yang terkandung dalam perut bumi dan pada umumnya berasosiasi dengan keberadaan gunung api.

Adapun karakteristik umum energi panas bumi antara lain yaitu, (a) sumber energi bersih, ramah lingkungan, dan *sustainable*; (b) tidak dapat diekspor, hanya dapat digunakan untuk konsumsi dalam negeri (*indigenous*); (c) bebas dari risiko kenaikan (*fluktuasi*) bahan bakar fosil; (d) tidak tergantung cuaca, *supplier*, dan ketersediaan fasilitas pengangkutan dan bongkar muat dalam pasokan bahan bakar; (e) tidak memerlukan lahan yang luas.

Energi panas bumi bersifat ramah terhadap lingkungan, tidak hanya dalam aspek produksi tetapi juga aspek penggunaan, sehingga

dampaknya berperan positif pada setiap sumber daya. Pada saat menjalankan proses pengembangan dan pembuatan, tenaga panas bumi sepenuhnya bebas dari emisi. Tidak ada karbon yang digunakan untuk produksi, kemudian seluruh prosedur juga telah bebas dari sulfur yang umumnya telah dibuang dari proses lainnya yang dilakukan. Penggunaan energi panas bumi memang tidak akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Oleh karenanya efek dari pemanasan global yang disebabkan oleh emisi dari bahan-bahan minyak akan berkurang. Dalam penggunaannya sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi tidak akan dibutuhkan bahan bakar minyak yang bisa menyebabkan polusi udara.

Sebagaimana ditetapkan dalam Undang-Undang RI Nomor 21 Tahun 2017 tentang panas bumi merupakan energi ramah lingkungan yang potensinya besar dan pemanfaatannya belum optimal sehingga perlu didorong dan ditingkatkan secara terencana dan terintegrasi guna mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

Sumber daya energi panas bumi di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 28,5 *Giga Watt Electrical (GWe)* yang terdiri dari *resources* 11.073 MW dan *reserves* 17.453 MW, hal ini menjadikan Indonesia menjadi salah satu negara dengan sumber daya panas bumi terbesar di dunia. Keberadaan sumber energi ini erat kaitannya dengan posisi Indonesia yang berada pada kerangka tektonik dunia. Sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang sangat potensial, pemerintah terus berupaya mendorong peningkatan pemanfaatan panas bumi di Indonesia.

Berdasarkan data terbaru dari Direktorat Panas Bumi, Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi tercatat sumber daya panas bumi yang dimanfaatkan telah mencapai 1.948,5 MW yang terdiri dari 13 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) pada 11 Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP). Sebaran 13 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang terpasang berdasarkan letak geografis dari wilayah barat sampai wilayah timur Indonesia dapat dilihat pada tabel 8.1 sebagai berikut:

Tabel 8.1 Sebaran 13 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) di Indonesia

No.	PLTP	Pengembang/ Operator	Kapasitas Total	WKP, Lokasi
1.	PLTP Sibayak	PT. Pertamina Geothermal Energy	12 MW	Sibayak–Sinabung, Sumatera Utara
2.	PLTP Sarulla	Sarulla Operation Ltd	330 MW	Sibual-buali, Sumatera Utara
3.	PLTP Ulubelu	PT. Pertamina Geothermal Energy	220 MW	Waypanas, Lampung
4.	PLTP Salak	PT. Star Energy Geothermal Salak. Ltd	377 MW	Cibeureum–Parabakti, Jawa Barat
5.	PLTP Wayang Windu	Star Energy Geothermal Wayang Windu	227 MW	Pangalengan, Jawa Barat
6.	PLTP Patuha	PT. Geo Dipa Energy	55 MW	Pangalengan, Jawa Barat
7.	PLTP Kamojang	PT. Pertamina Geothermal Energy	235 MW	Kamojang–Darajat, Jawa Barat
8.	PLTP Darajat	Star Energy Geothermal Drajat	270 MW	Kamojang–Darajat, Jawa Barat
9.	PLTP Dieng	PT. Geo Dipa Energy	60 MW	Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah
10.	PLTP Karaha	PT. Pertamina Geothermal Energy	30 MW	Karaha Bodas, Jawa Barat
11.	PLTP Matalako	PT. Perusahaan Listrik Negara	2,5 MW	Matalako, NTT
12.	PLTP Ulumbu	PT Perusahaan Listrik Negara	10 MW	Ulumbu, NTT
13.	PLTP Lahendong	PT. Pertamina Geothermal Energy	120 MW	Lahendong–Tompasso, Sulawesi Utara

H. Biofuel

Biofuel mengacu pada bahan bakar yang dihasilkan dari bahan baku nabati yang pertumbuhannya dapat mengimbangi CO₂ 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 (Asia, 2019). 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.

Biodiesel adalah bahan bakar nabati untuk aplikasi mesin motor diesel berupa ester metil asam lemak (*Fatty Acid Methyl Ester*) yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi. Di Indonesia bahan baku biodiesel berasal dari CPO. Selain dari CPO, tanaman lain yang berpotensi untuk bahan baku biodiesel antara lain tanaman jarak, jarak pagar, kemiri sunan, kemiri cina, nyamplung dan lain-lain. Biodiesel digunakan sebagai energi alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk jenis diesel atau solar. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk 100% (B100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu seperti B20.

I. Biomassa

Saat ini, pemerintah tengah mengupayakan adanya terobosan pemanfaatan biomassa guna mengurangi peran batu bara yang masih dominan secara nasional dan mendorong capaian target bauran EBT

pada tahun 2025. Hingga akhir tahun 2019, bauran EBT mencapai 9,15% di mana 6,2% berasal dari PLT EBT dan 2,95% berasal dari BBN (biodiesel). Sementara pada tahun 2025, bauran EBT ditargetkan 23% di mana PLT EBT ditargetkan memberikan porsi bauran sebesar 13%-15%, PLT Bioenergi 2%-5%, dan BBN 2%-3%.

Pemerintah mengusahakan untuk memperbanyak pemakaian limbah biomassa sebagai campuran bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Metode ini diharapkan mampu mengakselerasi transisi energi di Indonesia.

Pemanfaatan teknologi (*co-firing*) ini menegaskan komitmen Indonesia untuk mempercepat target *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060, apalagi selama ini PLTU merupakan salah satu penyumbang emisi CO₂ terbesar. Teknologi *co-firing* akan memanfaatkan biomassa sebagai substitusi parsial batubara untuk dibakar di boiler pembangkit listrik. Terlebih biomassa ini dapat diperoleh dari beragam bahan baku, seperti limbah hutan, perkebunan, atau pertanian. Pemanfaatan limbah biomassa dapat mengurangi emisi metana yang disebabkan oleh degradasi limbah biomassa itu sendiri.

Tekad pemerintah mengoptimalkan pemanfaatan *co-firing* biomassa mempertimbangkan hasil pemetaan Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE). Kajian tersebut menyebutkan potensi biomassa di Indonesia untuk bahan baku *co-firing* cukup menjanjikan. Tercatat, limbah dari hutan memiliki potensi sebesar 991 ribu ton (eksisting), serbuk gergaji 2,4 juta ton, serpihan kayu 789 ribu ton, cangkang sawit 12,8 juta ton, sekam padi 10 juta ton, tandan buah kosong 47,1 juta ton, dan sampah rumah tangga 68,5 juta ton.

Selain itu implementasi *co-firing* biomassa pada PLTU memiliki tantangan berat. Salah satu kendalanya adalah munculnya berbagai masalah teknis pada boiler pembangkit listrik dan *feeding equipment* yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik batubara dan biomassa. Guna mengatasi hal tersebut, Pusat Pengujian Mineral dan Batubara atau tekMIRA punya visi untuk mengatasi tantangan ini dengan

mengintegrasikan *co-firing* biomassa dengan teknologi pirolisis yang mampu menghasilkan arang biomassa yang memiliki karakteristik hampir sama dengan batubara.



Waktu diskusi: 180 menit

Topik: Isu Energi

Dalam implementasi kurikulum merdeka, guru diharuskan dapat membuat modul ajar. Buatlah modul ajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran IPA SMP untuk topik isu energi. Anda dapat mengisi bagian yang kosong pada contoh di bawah ini!

1. Informasi Umum

Nama Penyusun :
Institusi :
Tahun :
Jenjang Sekolah :
Alokasi Waktu :

2. Tujuan Pembelajaran

Fase CP :
Kode Modul Ajar :
Elemen CP

Tujuan Pembelajaran	Desain CP	Indikator Pencapaian Tujuan Pembelajaran
	Pemahaman Sains	Pertemuan ke-1 Pertemuan ke-2 Pertemuan ke-3 Pertemuan ke-4
	Keterampilan Proses	Pertemuan ke-5

Kata Kunci :
Kompetensi Awal :

3. Profil Pelajar Pancasila

Profil Pelajar Pancasila yang memiliki kaitan erat dengan pembelajaran mengenai isu energi adalah sebagai berikut:

4. Pemahaman Bermakna

5. Sarana dan Prasarana

(d disesuaikan dengan moda pembelajaran dan keadaan sekolah)

Moda PJJ Daring dan PJJ Luring

Moda PJJ Luring dengan Keterbatasan Fasilitas

6. Target Siswa

Perangkat ajar ini dirancang untuk:

	Peserta didik regular/tipikal
	Peserta didik dengan kesulitan belajar
	Peserta didik berprestasi tinggi
	Peserta didik dengan ketunaan

7. Jumlah Siswa

Pembelajaran ini dirancang untuk kelas dengan jumlah peserta didik sebanyak

8. Ketersediaan Materi

Ya	Tidak	Keterangan
		Pengayaan untuk peserta didik CIBI
		Alternatif penjelasan, metode, atau aktivitas, untuk siswa yang sulit memahami konsep

9. Moda Pembelajaran

	Tatap Muka
	PJJ Daring
	PJJ Luring
	Paduan Tatap Muka dan PJJ (<i>Blended Learning</i>)

- * Pilihan moda pembelajaran disesuaikan dengan kondisi sekolah dan aktivitas pembelajarannya dapat dimodifikasi menyesuaikan moda pembelajaran.

Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) dalam Jaringan : Pembelajaran yang dilakukan guru dan siswa secara langsung (tatap maya) melalui jaringan internet dengan menggunakan platform misalnya Zoom atau Google Classroom (Google Meet).

Pembelajaran Jarak Jauh (PJJ) Luar Jaringan : Kegiatan pembelajarannya tidak dilakukan secara langsung antara guru dan peserta didik, misalnya berupa pemberian materi oleh guru menggunakan aplikasi kemudian peserta didik membaca materi dan memahami materi secara mandiri.

Pembelajaran Tatap Muka (PTM) : Kegiatan pembelajaran yang berupa proses interaksi antara peserta didik dengan pendidik.

10. Materi Ajar, Alat, dan Bahan

Alat dan Bahan :
 Media :
 Sumber Belajar :
 Prakiraan Biaya :

11. Kegiatan Utama Pembelajaran

Pengaturan siswa

	Individu
	Berpasangan
	Berkelompok (lebih dari dua orang)

Metode Pembelajaran

	Diskusi		Presentasi
	Demonstrasi		Proyek
	Eksperimen		Eksplorasi
	Permainan		Ceramah
	Kunjungan Lapangan		Simulasi

12. Asesmen

- 1) Pemahaman Sains: Asesmen formatif (individu)
- 2) Keterampilan Proses: Performa presentasi, portofolio

13. Persiapan Pembelajaran

14. Urutan Kegiatan

(Alokasi waktu dan aktivitas kegiatan dapat dimodifikasi menyesuaikan kondisi sekolah, tidak harus persis sama dengan contoh berikut).

Pertemuan ke-1 (3 x 45 menit)

Materi

Aktivitas Guru	Aktivitas Peserta Didik	Alokasi Waktu
Pembukaan		
<ul style="list-style-type: none"> • Guru memberikan instruksi kepada peserta didik untuk memasuki <i>meeting room</i> (Gmeet, Zoom, dan aplikasi meeting sejenisnya) • Guru menyapa sambil memeriksa kehadiran peserta didik • Guru meminta salah satu peserta didik untuk memimpin doa sebelum mulai pembelajaran 	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik masuk ke dalam <i>meeting room</i> (Gmeet, Zoom, dan aplikasi meeting sejenisnya) • Peserta didik berdoa sebelum dimulainya pembelajaran. 	10 menit
Pendahuluan		
<ul style="list-style-type: none"> • Guru 	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik 	10 menit

Pertanyaan Pemantik:		
Kegiatan Inti		
• Guru	• Peserta didik	55 menit
Penutup		
• Guru	• Peserta didik	15 menit
Alternatif Moda Pembelajaran Lain		
<p>Moda PJJ Luring:</p> <p>4) Pendahuluan</p> <p>5) Kegiatan Inti</p> <p>6) Penutup</p> <p>Moda Tatap Muka:</p> <p>4) Pendahuluan</p> <p>5) Kegiatan Inti</p> <p>6) Penutup</p> <p>Jika PJJ luring mengalami keterbatasan kuota internet atau alat (laptop, HP), guru dapat menyediakan LKPD yang sudah di-<i>print</i>, instruksi pengerjaan, dan timeline pengerjaan aktivitas. Kemudian, peserta didik dapat mengambil bahan ke sekolah secara bergantian. Pada tenggat waktu yang ditentukan, peserta didik mengumpulkan kembali LKPD-nya secara bergantian. Teknis pengambilan dan pengumpulan LKPD dapat diatur oleh sekolah.</p>		

15. Refleksi Guru

Lembar Refleksi Guru

No.	Refleksi	Penjelasan
1.	Persentase keterlaksanaan rancangan kegiatan pembelajaran (%)	Persentase keterlaksanaan: Keterangan:
2.	Kendala yang dihadapi selama kegiatan pembelajaran	
3.	Catatan perbaikan untuk mengatasi kendala pada kegiatan pembelajaran berikutnya	
4.	Peserta didik yang mengalami kesulitan	Nama Uraian Kesulitan
5.	Catatan positif peserta	Nama

No.	Refleksi	Penjelasan
	didik	Catatan Positif
6.	Catatan lainnya	

16. Asesmen Formatif

1) Aspek Pemahaman Sains

Materi	Indikator	Aktivitas

2) Aspek Keterampilan Proses

Rubrik Penilaian Presentasi

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Kurang (1 poin)	Cukup (2 poin)	Baik (3 poin)	Sangat Baik (4 poin)
1.	Sistematika Presentasi	Materi presentasi diajukan secara tidak runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara kurang runtut dan tidak sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut tetapi kurang sistematis	Materi presentasi diajukan secara runtut dan sistematis
2.	Penggunaan Bahasa	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, kurang baku, dan tidak terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, kurang baku, dan terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, baku, tetapi kurang terstruktur	Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang baik, baku, dan terstruktur
3.	Kejelasan Menyampaikan	Artikulasi kurang jelas, suara tidak terdengar,	Artikulasi jelas, suara terdengar, tetapi bertele-tele	Artikulasi kurang jelas, suara terdengar, tidak	Artikulasi jelas, suara terdengar, tidak bertele-tele

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Kurang (1 poin)	Cukup (2 poin)	Baik (3 poin)	Sangat Baik (4 poin)
		bertele-tele		bertele-tele	
4.	Komunikatif	Membaca catatan sepanjang penjelasan	Lebih banyak menatap catatan dari pada audiens	Lebih banyak menatap audiens dari pada catatan, tanpa ada gestur tubuh	Lebih banyak menatap audiens dari pada catatan, dan gestur yang digunakan membuat perhatian audiens tertuju pada presenter
5.	Kebenaran Konsep	Menjelaskan 1 dari 4 konsep esensial dengan benar	Menjelaskan 2 dari 4 konsep esensi	Menjelaskan 3 dari 4 konsep esensial dengan benar	Menjelaskan seluruh konsep esensial dengan benar

Rubrik Laporan Praktikum

Deskripsi	Skala		
	3	2	1
Pendahuluan Mencakup: <ul style="list-style-type: none"> Tujuan Eksperimen Alat dan Bahan Prosedur Teori Pendukung 	Mencakup keempat kriteria dengan lengkap dan jelas	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria dengan jelas dan lengkap
Data Percobaan <ul style="list-style-type: none"> Jelas Tanpa Rekayasa Sesuai dengan 	Mencakup ketiga kriteria dengan lengkap	Mencakup 1-2 kriteria yang telah disebutkan lengkap	Mencakup satu kriteria, tetapi ambigu

Deskripsi	Skala		
	3	2	1
prosedur eksperimen			
Analisis Data <ul style="list-style-type: none"> Jelas Dapat diterima secara logika Memberikan alasan yang jelas terhadap analisis yang diberikan Mudah dimengerti 	Mencakup keempat kriteria dengan lengkap dan jelas	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria dengan jelas dan lengkap
Kesimpulan <ul style="list-style-type: none"> Sesuai dengan analisis data Memberikan aplikasi dalam kehidupan sehari-hari Menjawab tujuan eksperimen 	Mencakup ketiga kriteria dengan lengkap	Mencakup 2-3 kriteria yang telah disebutkan dengan jelas dan lengkap	Mencakup satu kriteria, tetapi ambigu

17. Refleksi Peserta Didik

18. Lembar Kerja Peserta Didik

19. Bahan Bacaan Guru dan Peserta Didik

Sumber bacaan untuk memperkaya pengetahuan guru dan siswa tentang tema atau materi pembelajaran.

Guru	Peserta Didik

- 20. Materi**
- 21. Pengayaan dan Remedial**
- 22. Daftar Pustaka**
- 23. Glosarium**

“Masa depan adalah energi hijau, keberlanjutan, dan energi terbarukan”

- Arnold Schwarzenegger -



 Lokasi: PLTA, Nagato, Prefecture Yamaguchi, Jepang

GLOSARIUM

Adaptasi	: Penyesuaian yang dilakukan terhadap lingkungan.
AQI	: Singkatan dari <i>Air Quality Index</i> atau Indeks Kualitas Udara merupakan ukuran yang digunakan untuk menilai pencemaran udara di suatu daerah.
Baku mutu udara ambien	: Ukuran batas atau kadar zat dan atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan atau pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien.
Bioma	: Komunitas ekologis utama organisme yang disesuaikan dengan kondisi iklim atau lingkungan tertentu pada wilayah geografis yang luas di mana mereka terjadi.
BOD	: Singkatan dari <i>Biological Oxygen Demand</i> yang merupakan suatu pengukuran pendekatan jumlah biokimia yang terdegradasi di perairan.
BUR	: Singkatan dari <i>Biennial Update Report</i> yang merupakan laporan pembaruan dua tahunan mengenai perubahan iklim.
<i>Co-firing</i>	: Merupakan rencana substitusi batu bara dengan bahan biomassa pada rasio tertentu.
Deforestasi	Fenomena kehilangan tutupan pohon dan area hutan yang terjadi akibat

- Degradasi : aktivitas manusia atau kejadian alam.
: Kondisi hutan yang mengalami penurunan untuk tingkat keanekaragaman flora dan fauna sebagai akibat dari penebangan liar terhadap pohon-pohon secara terus menerus ataupun kondisi cuaca yang tidak menentu.
- Desalinasi : Merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam berlebih pada air untuk menghasilkan air yang dapat dikonsumsi manusia, hewan ataupun tumbuhan.
- Desinfeksi : Proses menghilangkan sebagian besar mikroorganisme patogen kecuali spora bakteri yang terdapat di permukaan benda mati.
- Disabilitas : Mengalami keterbatasan fisik, intelektual, mental, atau sensorik dalam jangka waktu lama dan mengakibatkan hambatan dan kesulitan untuk berinteraksi dengan lingkungan.
- DO : Singkatan dari *Dissolved Oxygen* yang merupakan jumlah oksigen terlarut dan digunakan untuk mengukur kualitas kebersihan air.
- Ekologi : Studi ilmiah tentang interaksi antara populasi atau antara organisme dan lingkungan.
- Ekosistem : Suatu sistem yang mencakup semua organisme hidup (faktor biotik) di suatu wilayah serta lingkungan fisiknya

- (faktor abiotik) yang berfungsi bersama sebagai satu kesatuan.
- El Nino : Suatu fenomena pemanasan suhu muka laut di atas kondisi normalnya yang terjadi di Samudera Pasifik bagian tengah.
- ENSO : Merupakan fenomena laut-atmosfer yang terjadi secara berkala dan tidak teratur yang melibatkan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur laut, dan berpengaruh terhadap sebagian besar daerah tropis dan subtropis.
- Eutrofikasi pesisir : Merupakan proses pengayaan nutrisi dan bahan organik dalam air atau pencemaran air yang disebabkan munculnya nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem perairan.
- Germplasm* : Sumber daya genetika hidup seperti benih atau jaringan yang ada dipelihara untuk tujuan pemuliaan, pengawetan, dan keperluan penelitian hewan dan tumbuhan lainnya).
- Intrusi : Proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pantai.
- ISPU : Singkatan dari Indeks Standar Pencemar Udara, merupakan angka tanpa satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan pada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetik, dan makhluk hidup lainnya.

- JAI : Singkatan dari Jenis Asing Invasif yang merupakan spesies atau jenis yang dintroduksi baik secara sengaja maupun tidak sengaja yang berasal dari luar habitat alaminya, di mana mereka memiliki kemampuan membentuk diri, menyerang, berkompetisi dengan spesies local/asli dan mengambil alih lingkungan barunya.
- La Nina : Fenomena suhu muka laut di Samudera Pasifik bagian tengah yang mengalami pendinginan di bawah kondisi normalnya.
- Limbah B3 : Merupakan sisa usaha dan atau kegiatan yang mengandung B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Limbah B3 dihasilkan dari kegiatan atau usaha baik dari sektor industri, pariwisata, pelayanan kesehatan maupun dari domestik rumah tangga.
- Manufaktur : Merupakan proses mengubah bahan baku menjadi suatu produk.
- MBKM : Singkatan dari Merdeka Belajar Kampus Merdeka, merupakan program yang dicanangkan oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan yang bertujuan mendorong mahasiswa untuk menguasai berbagai keilmuan untuk bekal memasuki dunia kerja.
- Miskonsepsi : Suatu pemahaman yang salah atau tidak sesuai dengan konsep tertentu.

- Mitigasi : Serangkaian upaya untuk dapat mengurangi risiko bencana.
- Multilateral : Istilah dalam hubungan internasional dengan kerja sama antara beberapa negara.
- ODA : Singkatan dari *Official Development Assistance* atau bantuan pembangunan resmi, merupakan arus pembiayaan resmi yang dilaksanakan dalam rangka pembangunan ekonomi dan kesejahteraan negara-negara berkembang sebagai tujuan utama, dan terdapat unsur hibah sebesar minimal 25 persen (menggunakan diskon tingkat bunga tetap 10 persen).
- Palatabilitas : Tingkat kesukaan yang ditunjukkan oleh ternak untuk mengkonsumsi suatu bahan pakan yang diberikan dalam periode tertentu.
- PDB : Singkatan dari Produk Domestik Bruto yang merupakan jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu negara tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi.
- Petrokimia : Bahan-bahan atau produk-produk yang dihasilkan dari minyak dan gas bumi.
- Polutan : Sebutan untuk zat atau komponen yang menjadi sumber polusi atau pencemaran.

- PPP : Singkatan dari *Purchase Power Parity* adalah tingkat konversi mata uang yang mencoba menyamakan daya beli mata uang yang berbeda, dengan menghilangkan perbedaan tingkat harga antarnegara.
- Preservasi : Segala kegiatan dan usaha yang bertujuan untuk dapat mempertahankan kondisi suatu objek agar tidak rusak dan terjaga kelestariannya.
- Reforestasi : Merupakan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki kondisi tutupan hutan.
- Restorasi : Suatu tindakan atau upaya untuk mengembalikan, memulihkan, memperbaiki sesuatu ke kondisi dan bentuk awalnya.
- Tropic of Cancer* : Garis lintang yang mengelilingi bumi di sekitar 23.5° Utara Khatulistiwa.
- Tropic of Capricorn* : Garis lintang imajiner yang mengelilingi Bumi sekitar 23,5° selatan khatulistiwa.
- Urbanisasi : Perpindahan penduduk dari kawasan perdesaan ke wilayah perkotaan.
- Vegetasi : Kumpulan dari beberapa jenis tumbuhan yang tumbuh bersama-sama pada suatu tempat dengan membentuk suatu kesatuan dan tergantung satu sama lain yang disebut sebagai komunitas tumbuh-tumbuhan.
- WTO : Singkatan dari World Trade Organization, merupakan satu-satunya organisasi internasional yang mengatur perdagangan internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Asia, T. E. (2019). *Emisi Gas Rumah Kaca dari Produksi Biodiesel di Indonesia Berdasarkan*. https://tractionenergy.asia/wp-content/uploads/2020/11/lores-LCA_Biodiesel_Palm_Oil_Final_Report.pdf
- Bappenas. (2020). Metadata Indikator: Pilar Pembangunan Lingkungan. In *Kementerian PPN/Bappenas* (II).
- Bogner, F. X. (2018). Environmental values (2-MEV) and appreciation of nature. *Sustainability (Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/su10020350>
- BPS. (2021). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021: Energi dan Lingkungan*. Badan Pusat Statistik.
- Dinurrohmah, S., Subagiyo, L., Nuryadin, A., & Sulaeman, N. F. (2022). Pro-Environmental Behavior of Students: Trend in Publication. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6), 2629–2634. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.1932>
- EnvilienceASIA. (2021). *Indonesia, Water Quality Control*. EnvilienceASIA.
- FAO. (2003). *Water Reports 23: Review of World Water Resources by Country*. Food and Agriculture Organization of United Nations.
- Fitriana, D. E. N., Miyarsah, M., & Rusdi. (2019). *Analysis of Pro-Environmental Behavior (PEB) through Motivation of Senior High School Students*. 5(1), 12–19.
- IESR. (2021). *Indonesia Energy Transition Outlook 2021*. In *Iesr*.
- Indonesia, E. (2017). *Outlook Energi Indonesia (OEI) 2017*. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- IQAir. (2022). *World's most polluted countries & regions (historical data 2018-2021)*. IQAir.
- Irianto, J., Zahra, Hananto, M., Anwar, A., Yuniarto, A., Azhar, K., Lestary, H., Cahyorini, Laelasari, E., Marina, R., Sari, P., Sugiharti, Widjiastuti, B., Setiadi, T. R. S., Agita, S., Rachmat, B.,

- Lasut, D., Hermawan, A., Puspita, T., ... Widyastuti, A. (2021). *Laporan Akhir Penelitian Studi Kualitas Air Minum Rumah Tangga di Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- JMP WHO-UNICEF. (2017). Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baseline. In *Joint Monitoring Program (JMP) WHO-UNICEF*. Joint Monitoring Program (JMP) WHO-UNICEF.
- Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka, Kemendikbud (2022).
- Kementerian ESDM. (2016). *Jurnal Energi*. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016\(1\).pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/FIX2_Jurnal_Energi_Edisi_2_17112016(1).pdf)
- Permen ESDM No. 12 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 39 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Kegiatan Fisik Pemanfaatan Energi Baru dan Energi Terbarukan Serta Konservasi Energi, (2018).
- KLHK. (2018a). Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2017. In *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*.
- KLHK. (2018b). Status Hutan dan Kehutanan Indonesia 2018. In *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*.
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Liu, X., Zou, Y., & Wu, J. (2018). Factors influencing public-sphere pro-environmental behavior among Mongolian college students: A test of value-belief-norm theory. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051384>
- McAlpine, C., & A, J. (2018). Forest loss and Borneo's climate. *Environmental Research Letters*, 1–11.
- Measey, M. (2010). Indonesia: A Vulnerable Country in the Face of Climate Change. *Global Majority E-Journal*, 1(1), 31–45.
- MOEF. (2020). *The State of Indonesia's Forests 2020*. Ministry of Environment and Forestry, Republic of Indonesia.

- Munoz, F., Bogner, F., Clement, P., & Carvalho, G. S. (2009). Teachers' conceptions of nature and environment in 16 countries. *Journal of Environmental Psychology, 29*(4), 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.007>
- Parker, L., & Prabawa-Sear, K. (2019). Environmental Education in Indonesia. In *Routledge*. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780429397981>
- Qoyim, I. (2019). *Ekologi Hutan Tropis*. Universitas Terbuka.
- Roser, H. R. and M. (2021). *Air Pollution*. Our World in Data.
- Saksono, H. (2013). Ekonomi Biru: Solusi Pembangunan Daerah Berciri Kepulauan Studi Kasus Kabupaten Kepulauan Anambas. *Jurnal Bina Praja, 05*(01), 01–12. <https://doi.org/10.21787/JBP.05.2013.01-12>
- Subagiyo, L., Herliani, Sudarman, & Haryanto, Z. (2019). Literasi Hutan Tropis Lembap & Lingkungannya. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- 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.
- Sulaeman, N. F., Nuryadin, A., Widyastuti, R., & Subagiyo, L. (2020). Air quality index and the urgency of environmental education in Kalimantan. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 9*(3), 371–383. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i3.24049>
- UNICEF. (2012). Issue Brief: Water, sanitation & hygiene. Indonesia. *UNICEF Indonesia*.
- United Nations New York, 2017. (2017). The Sustainable Development Goals Report 2017. *The Sustainable Development Goals Report 2017*. <https://doi.org/10.18356/4d038e1e-en>
- USAID. (2019). *Indonesia Tropical Forest and Biodiversity Analysis (FAA 118 & 119) Report for Country Development Cooperation Strategy (2020-2025)*. October 2019.
- Vincent, J. R., Carson, R. T., DeShazo, J. R., Schwabe, K. A., Ahmad, I., Chong, S. K., Chang, Y. T., & Potts, M. D. (2014). Tropical countries may be willing to pay more to protect their forests.

- Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(28), 10113–10118.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1312246111>
- WEPA. (2006). *State of water environmental issues: Indonesia*. Water Environment Partnership in Asia.
- World Bank Group. (2021). *Climate Risk Country Profile: Indonesia*. The World Bank Group and Asian Development Bank.
www.worldbank.org
- Wright, S. J. (2005). Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(10), 553–560.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.07.009>
- Yu, T. Y., Yu, T. K., & Chao, C. M. (2017). Understanding Taiwanese undergraduate students' pro-environmental behavioral intention towards green products in the fight against climate change. *Journal of Cleaner Production*, 161, 390–402.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.115>

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Lambang Subagiyo, M.Si. lahir di Banyuwangi, Jawa Timur. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Jember pada tahun 1990, kemudian menyelesaikan pendidikan Magister Ilmu Fisika di Institut Teknologi Bandung pada tahun 1995 dan menyelesaikan Pendidikan Doktor Fisika di Universite de Nante Prancis pada tahun 2001.

Aktif mengajar di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman sejak tahun 1991 sampai sekarang. Selain itu, saat ini juga aktif mengajar di Program Studi S-2 Manajemen Pendidikan dan S-2 Lingkungan Universitas Mulawarman.



Atin Nuryadin, Ph.D. lahir di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Mulawarman pada tahun 2011, kemudian menyelesaikan pendidikan Magister Ilmu Fisika di Institut Teknologi Sepuluh November pada tahun 2015 dan menyelesaikan pendidikan

Doktor Teknik Lingkungan di Yamaguchi University Jepang pada tahun 2021. Aktif mengajar di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman sejak tahun 2015 sampai sekarang.



Nurul Fitriyah Sulaeman, Ph.D. lahir di Cirebon, Jawa Barat. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Sebelas Maret pada tahun 2010, kemudian menyelesaikan pendidikan Magister Penelitian dan Evaluasi Pendidikan di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2012 dan menyelesaikan pendidikan

Doktor Pendidikan IPA di Shizuoka University Jepang pada tahun 2020. Aktif mengajar di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman sejak tahun 2015 sampai sekarang.

Sebagai bagian dari masyarakat yang hidup di lingkungan tropis, pemahaman dan sikap positif terhadap lingkungan tropis menjadi sebuah keharusan bagi masyarakat Indonesia. Namun permasalahan lingkungan yang kita hadapi sangat kompleks dan berkaitan erat dengan pola kehidupan masyarakat. Kesadaran untuk mendorong pembentukan perilaku pro-lingkungan pada setiap individu perlu dimulai sejak usia muda melalui pendidikan yang sesuai.

Buku ini merupakan alternatif sumber belajar bagi guru dan calon guru, khususnya mata pelajaran IPA. Diskusi pada buku ini membahas secara khusus bagaimana lingkungan Indonesia sebagai bagian dari negara tropis, problematika lingkungan, sikap pro-lingkungan, capaian pembelajaran terkait lingkungan pada kurikulum merdeka tingkat SMP dan contoh modul ajar yang bersesuaian dengan isu lingkungan.

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
📌 Penerbit Deepublish
📱 @penerbitbuku_deepublish
🌐 www.penerbitdeepublish.com



Kategori : Kependidikan

ISBN 978-623-02-6304-0



9 786230 263040